

ZUR GEOLOGIE DER ÖSTLICHEN WILDHAUSER MULDE

INAUGURALDISSERTATION

zur Erlangung der philosophischen Doktorwürde

vorgelegt der

Philosophisch-naturwissenschaftlichen Fakultät

der Universität Basel

von

MARTIN ~~FORRER~~

aus Wildhaus (Kt. St.Gallen)

Zollikofer & Co., Buchdruckerei, St.Gallen

1949

ZUR
GEOLOGIE DER ÖSTLICHEN
WILDHAUSER MULDE

INAUGURALDISSERTATION

zur Erlangung der philosophischen Doktorwürde

vorgelegt der

Philosophisch-naturwissenschaftlichen Fakultät

der Universität Basel

von

MARTIN FORRER

aus Wildhaus (Kt. St.Gallen)

Zollikofer & Co., Buchdruckerei, St.Gallen

1949

Genehmigt von der Philosophisch-Naturwissenschaftlichen
Fakultät auf Antrag der Herren Professoren Dr. L. Vonder-
schmitt und Dr. M. Reichel.

Basel, den 27. Februar 1947.

Prof. Dr. L. Vonderschmitt
Dekan



Separatdruck
aus dem Bericht (Jahrbuch) der St.Gallischen Naturwissenschaftlichen Ge-
sellschaft, Band 73, 1949.

INHALTSVERZEICHNIS

	Seite
Vorwort	5
Einleitung	7
Die Säntis-Decke	11
A. Stratigraphie	11
I. Obere Kreide	11
a) Seewer Schiefer	11
b) Amdener Schichten	11
II. Das Tertiär	12
Der Säntis-Südrand	13
b) Der Churfürsten-Nordrand	16
B. Die Tektonik der Säntis-Decke	19
Die Schuppenzone	21
A. Stratigraphie	21
I. Die obere Kreide.	21
a) Amdener Schichten	21
b) Wangschichten	22
II. Das Tertiär	23
B. Die wichtigsten Aufschlüsse der Schuppenzone	24
C. Ergänzende und zusammenfassende Bemerkungen zu den Wild- flyschvorkommen	36
D. Schlußwort zur Stratigraphie der Schuppenzone.	39
E. Die Tektonik der Schuppenzone	40
Der Kreideflysch	42
A. Stratigraphie	42
B. Lithologie.	43
I. Die Basis-Serie.	43
II. Die hangende Sandsteinserie	46
C. Spezialprofile	49
I. Die Basis-Serie.	49
II. Profile der Übergangszone von der Basis-Serie zur hangenden Sandsteinmasse	51
III. Die hangende Sandsteinmasse	52
D. Die Tektonik des Kreideflysches	53
E. Zur Stellung des Kreideflysches im Gesamtbau der Alpen	54

	Seite
Die Grabser Klippen	56
A. Einleitung	56
B. Stratigraphie	58
I. Der Malm	58
a) ? Oxfordien-Argovien	59
b) Der mittlere Malm	60
c) Das Tithon	68
Die Tithon-Neocomien-Grenze	71
II. Das Neocomien	73
Gesteine incertae sedis	75
III. Die Couches rouges	76
C. Zusammenfassung der Stratigraphie der Grabser Klippen. Vergleich mit andern Gebieten	80
D. Die Tektonik der Grabser Klippen	83
Das Quartär	85
I. Pleistozän	85
II. Holozän	86
Die Rutschungen im Klippengebiet des Grabserberges	88
Zusammenfassung der wichtigsten Untersuchungsergebnisse	92
Literaturverzeichnis	95

VERZEICHNIS DER TAFELN UND TEXTFIGUREN

<i>Tafel I</i>	Geologische Karte der östlichen Wildhauser Mulde 1:25000
<i>Tafel II</i>	Schematische Übersichtsprofile durch die östliche Wildhauser Mulde Maßstab 1:12500
<i>Tafel III</i>	Geologische Detailkarte des Grabserberges. 1:4000
<i>Fig. 1</i>	Tektonisches Übersichtsprofil durch den Alpstein und die östliche Wildhauser Mulde
<i>Fig. 2</i>	Geologische Kartenskizze der Gegend von Bromegg-Sommerigkopf
<i>Fig. 3</i>	Stratigraphisches Übersichtsprofil der Schuppenzone
<i>Fig. 4</i>	Stratigraphisches Übersichtsprofil des Kreideflyschs
<i>Fig. 5a und 5b</i>	Sammelprofil des Malm und des Neocomien der Grabser Klippe
<i>Fig. 6</i>	Detailprofil des Kontaktes zwischen Tithon und Neocom der Grabser Klippe
<i>Fig. 7</i>	Geologische Kartenskizze der Straßenkurve NNE Hönegg

VORWORT

Die Anregung zu der vorliegenden Arbeit verdanke ich meinem sehr verehrten Lehrer Herrn Prof. Dr. L. VONDERSCHMITT, Vorsteher des Geologisch-Paläontologischen Instituts der Universität Basel.

Die geologische Kartierung wurde während der Sommer- und Herbstmonate der Jahre 1945 und 1946 durchgeführt. Als topographische Unterlage dienten die leider etwas veralteten Blätter Nrn. 240, 241, 254 und 255 des Topographischen Atlas der Schweiz 1:25 000. Für das Gebiet zwischen Frümsen-Sax und Alp Gadöl war eine neue luftphotogrammetrische Aufnahme im Maßstab 1:10 000 erhältlich. Für Tafel III wurde als topographische Unterlage eine Kopie des Grundbuchplanes Maßstab 1:2000 der Gemeinde Grabs verwendet.

Die Originalkarte, die Gesteinsproben und die Dünnschliffe wurden vorläufig im Geologisch-Paläontologischen Institut der Universität Basel hinterlegt.

Ich möchte hier meinem Lehrer Herrn Prof. L. VONDERSCHMITT herzlich danken für das Interesse, das er meiner Arbeit stets entgegenbrachte, sowie für die vielen Anregungen und Ratschläge zu meinen Untersuchungen und während meines Studiums. Großen Gewinn brachten mir die vielen gemeinsamen Exkursionen und Aussprachen sowie sein zweimaliger Besuch in meinem Untersuchungsgebiet.

Ebenso gilt mein herzlicher Dank Herrn Prof. Dr. M. REICHEL für seine lehrreiche Unterstützung in allen die Paläontologie betreffenden Fragen. Dankbar denke ich auch an meinen verehrten Lehrer Herrn Prof. Dr. A. BUXTORF, der mir die erste Einführung in die geologische Wissenschaft gab.

Großen Gewinn brachten mir die Exkursionen und Aussprachen mit den Herren Prof. R. STAUB und W. LEUPOLD (Zürich) im Gebiet des Fürstentums Liechtenstein sowie mit Herrn Prof. J. CADISCH (Bern) im Gebiet der Scesaplana. An dieser Stelle spreche ich allen diesen Herren meinen wärmsten Dank aus.

Viele Anregungen empfing ich auch von Herrn Dr. H. EUGSTER (Trogen) auf gemeinsamen Exkursionen im Flyschgebiet der Fährnern und der östlichen Wildhauser Mulde. Für seine Einführung in die Geologie der Fährnern sowie für manche interessante Aussprache bin ich ihm zu Dank verpflichtet.

Herr Geomter H. EGGENBERGER in Buchs verhalf mir durch sein verdankenswertes Entgegenkommen zu Angaben über die Rutschungsbeträge am Grabserberg und gestattete mir die Einsicht in die Grundbuchpläne der Gemeinde Grabs.

Die Herren Dres. P. BRÖNNIMANN, E. WENK, O. GRÜTTER und L. MORNOD unterstützten mich durch mündliche oder schriftliche Mitteilungen. Ihnen allen gilt mein bester Dank.

Meinen Basler Studienkollegen H. SCHAUB, M. FURRER und F. BENTZ gebührt für verschiedene kleinere Mitteilungen, meinen Kollegen P. NÄNNY (Zürich) und R. BLASER (Bern) für gemeinsame Exkursionen und Aussprachen mein Dank.

Basel, Geologisch-Paläontologisches Institut der Universität, den
31. Januar 1947.

EINLEITUNG

Das Untersuchungsgebiet umfaßt die Flyschmulde östlich von Wildhaus bis zum St.Galler Rheintal.

Um zu einem besseren Verständnis der geologischen Verhältnisse im Muldeninnern zu kommen, war es nötig, die höhern Schichtglieder der Säntis-Decke im Alpstein und Churfirstengebiet in die Untersuchungen einzubeziehen.

Die Grenze der geologischen Kartenaufnahme wird deshalb im Norden und Süden zum größten Teil durch die obere Kreide (vor allem die Amdener Schichten) der Säntis-Decke gebildet. Im Westen wurde sie willkürlich gewählt, im Osten ergaben die Alluvionen des Rheintales eine natürliche Grenze.

Topographisch läßt sich das Gebiet durch eine Linie umgrenzen, die ungefähr von Wildhaus-Sägenboden über Bromegg-Lochalp-Gadölalp-Remseneck nach Frümser-Gams-Grabs und von dort entlang dem Walchenbach nach Voralp-Gamperfin-Moosbühl-Sägenboden verläuft. Diese Ortsangaben beziehen sich auf die Namen in der Siegfriedkarte, Blätter 240, 241, 254 und 255 im Maßstab 1:25 000.

Die östliche Wildhauser Mulde wird in ihrem geologischen Aufbau von einem starken Axialgefälle gegen das Rheintal hin beeinflußt. Nach Nordosten streichend, sinkt das Hochkastengewölbe, die südlichste Falte des Säntisgebirges, an Brüchen ab. Die Aufwölbung der Churfirsten taucht in der Gegend von Voralp-Gamperfin und Ölberg unter die auflagernden Flyschgesteine, und die bei Wildhaus noch enge Flyschmulde öffnet sich weit gegen das Rheintal zu.

In dieser durch das Axialgefälle verstärkten tiefen Einmündung waren die Bedingungen zur Erhaltung höherer Überschiebungsmassen gegeben, und schon 1855 wurden durch ARN. ESCHER VON DER LINTH⁸ am Grabserberg ortsfremde Gesteine jurassischen Alters aufgefunden: die Grabser Klippen.

Obwohl also in der östlichen Wildhauser Mulde geologisch recht interessante Verhältnisse erwartet werden konnten, sind keine detaillierten Untersuchungen vorgenommen worden, und die Angaben in der Literatur sind spärlich. Sie beschränken sich auf kurze Hinweise, nur die Grabser Klippen haben durch ARN. HEIM¹⁶ eine eingehendere Darstellung erfahren.

Die älteren Beobachter hielten die Flyschfüllung der östlichen Wildhauser Mulde für Eozän, so J. BACHMANN¹, ARN. ESCHER VON DER LINTH⁸, C. MOESCH³², ALB. HEIM¹⁵ und ARN. HEIM¹⁶. D. TRÜMPY⁴² verglich den Flysch der östlichen Wildhauser Mulde 1916 mit dem Flysch des Frastanzer Sandes, dem sogenannten Vorarlberger Flysch, den er als selbständige Decke betrachtete. ARN. HEIM¹⁸ erkannte, daß die tektonischen Verhältnisse im Innern der Wildhauser Mulde komplizierter sind, als bisher angenommen wurde, und daß nur ein kleiner Teil des Flysches zur Säntis-Decke gehört.

Später haben M. RICHTER³⁷ und P. MEESMANN³¹ nach den Beobachtungen an der Hohen Kugel in der Fraxern-Bizau-Mulde eine «Hochkugel-Decke» aufgestellt. Diese sollte von unten nach oben folgende Schichtglieder umfassen: Drusbergschichten, schwarze Gaultschiefer, «Leimern»-Kalk und -Mergel, Wildflysch, Fucoidenkalke und Flyschsandstein (= Oberzollbrücker Sandstein M. RICHTER). Die Fucoidenkalke und Flyschsandsteine waren von M. RICHTER³⁶ ursprünglich zur Säntis-Decke gestellt worden. Als Schichtglied der Hochkugel-Decke sollten sie jedoch zum Ultrahelveticum gehören. Sowohl M. RICHTER als auch P. MEESMANN glaubten Reste davon in der Wildhauser Mulde wiedergefunden zu haben.

1923 beschrieb ARN. HEIM¹⁹ aus der Gegend des Schützgentens im Simmitobel ein auf Leistmergel überschobenes Paket von Drusbergschichten dieser ultrahelvetischen Hochkugeldecke. Diese Angabe bestätigt er 1933²⁰. E. KRAUS²⁴ hat dann aber 1932 nachgewiesen, daß die Hochkugel-Decke als solche nicht existiert. Die vermeintlichen Drusbergschichten der Hohen Kugel haben sich als Wangschichten erwiesen, die «Gaultschiefer» gehören ins Tertiär.

Auch die «Drusbergschichten» des Schützgentens sind echte Wangschichten; sie enthalten *Globotruncana stuarti* DE LAPPARENT.

In neuerer Zeit hat W. LEUPOLD^{28 29} einige Angaben über die Wildhauser Mulde veröffentlicht. Er unterscheidet

- a) Säntiseigenes Tertiär. Dazu soll nur der dünne Nummulitenkalkzug von Lochalp gehören, mit *Nummulites millicaput*, *Nummulites pseudodistans* LEUPOLD, *Nummulites obesus* und *Assilina spira* (Lit. ²⁸ und ¹⁴, S. 64). Die Nummulitenkalke entsprechen also dem basalen und untern Lutétien.

- b) Die eigentliche Muldenfüllung. Sie wird von einer verschuppten Oberkreide- und Tertiär-Serie in Einsiedler Fazies aufgebaut. Über einer abschließenden Hauptnummulitenkalkbank von Lisighaus sollen zuerst Fleckenmergel und dann Sandsteinflysch folgen, welcher jüngeres Alttertiär vertreten könnte. Dazu stellt W. LEUPOLD auch die Sandsteinmassen der Gegend von Zollhaus in der östlichen Wildhauser Mulde.

Durch unsere Untersuchungen gelangten wir zu einer detaillierteren Gliederung. Es lassen sich in der östlichen Wildhauser Mulde folgende vier Komplexe auseinanderhalten (vgl. Fig. 1 und die Profile Tafel II):



Fig. 1. Tektonisches Übersichtsprofil durch den Alpstein und die östliche Wildhausermulde. Ca. 1:75 000.

- a) eine Zone von Oberkreide und Tertiär, die zur eigentlichen Säntis-, bzw. Churfürsten-Alvier-Schichtserie gehört;
- b) eine darüberliegende Schuppenzone, aufgebaut aus Oberkreide und Tertiär (Amdener Schichten, Wangschichten, Nummulitenkalke und Fleckenmergel, Wildflysch mit Blöcken; rote, grüne und graue Mergelschiefer mit Brekzien-einlagerungen usw.);
- c) eine Flyschzone (Kreideflysch) im Innern der östlichen Wildhauser Mulde, welche hauptsächlich aus kieselig-kalkigen und sandigen Gesteinen aufgebaut wird. Dazu gehören u. a. auch die Sandsteine der Gegend von Zollhaus. Diese Flyschzone gehört zum Cénomani und Unter-Turonien. Sie kann altersmäßig und auch tektonisch gut von der unterlagernden Schuppenzone getrennt werden, ist aber durch Einwicklung zum Teil unter diese geraten;
- d) das Gebiet der Klippen von Grabs.

Es nimmt demnach die östliche Wildhauser Mulde eine vermittelnde Stellung zwischen Westen und Osten ein: Infolge des Tiefganges der Faltung und des axialen Absinkens gegen das Rheintal sind in diesem Gebiet westlich des Rheins Reste von höhern Schubmassen (Kreideflysch und Grabser Klippen) erhalten geblieben, welche weiter im Osten eine große Verbreitung und Ausdehnung gewinnen.

DIE SÄNTIS-DECKE

A. STRATIGRAPHIE

Die Schichtserie der Säntisdecke wurde bei unsern Untersuchungen nur so weit berücksichtigt, als dies zur Klärung der Stratigraphie und Tektonik des Muldeninnern notwendig war.

In geologischer Hinsicht ist das Säntis- und Churfirstengebiet gut untersucht, man vergleiche hierzu die Arbeiten von ARN. ESCHER VON DER LINTH⁸, ALB. HEIM¹⁵, E. BLUMER³, ARN. HEIM¹⁷, L. SCHLATTER³⁹ und H. BOLLI⁴.

Die folgenden Angaben beschränken sich daher zur Hauptsache auf neue Beobachtungen.

I. DIE OBERE KREIDE

a) Seewer Schiefer

Der Seewer Kalk und die Seewer Schiefer bleiben im allgemeinen auf die Kreideketten des Säntis- und Churfirstengebietes beschränkt. Nur an einer Stelle treten sie im Untersuchungsgebiete selbst auf. In einem kleinen Bächlein an der Waldecke etwa 280 m südwestlich Punkt 1312,5 m (bei Sommerweid, Grabserberg) stoßen Seewer Schiefer an einer Störungsfläche gegen Wildflysch an,

Es sind stark mergelige Kalkschiefer von grünlichgrauer Farbe, die im trockenen Zustande den Amdener Schichten gleichen. Sie führen

Globotruncana lapparenti tricarinata (QUEREAU)

Globotruncana lapparenti cf. coronata BOLLI

und dürften einem obern Niveau der Seewer Schiefer entsprechen.

b) Die Amdener Schichten

Für die lithologische und paläontologische Beschreibung sei auf die Arbeiten von ARN. HEIM¹⁷, L. ROLLIER³⁴ und H. BOLLI⁴ verwiesen.

Die hell- bis dunkelgrauen, feinsandigen Amdener Schichten erreichen im Untersuchungsgebiet eine große Verbreitung. Sie treten jedoch nicht nur in der Säntis-Decke, sondern vor allem auch in der Schuppenzone auf (vgl. S. 21).

Die Amdener Schichten der Säntis-Decke finden sich entlang dem Südrand der Hochkastenfalte des Säntisgebietes, ferner am Chur-

erstenrand in einem Zug von Langenwald über Moosbühl-Härti, Brand und Erlen zur Voralp, von wo sie dem Walchenbach ins Rheintal folgen.

ARN. HEIM¹⁷ beschreibt aus den Amdener Schichten der Säntis-Decke in der Gegend von Amden exotische Blöcke und Einlagerungen von kieseligen Kalkbänken. Solche konnten in der östlichen Wildhauser Mulde in den Amdener Schichten der Säntis-Decke nicht gefunden werden. Dies stimmt mit den Beobachtungen von P. MEESMANN³¹ überein. Nur in den Amdener Schichten der Schuppenzone, die tektonisch über der Säntis-Decke liegt, wurden Blöcke und Kieselkalkbänke beobachtet.

Die Obergrenze der Amdener Schichten ist im Gebiet der Säntis-Decke in der östlichen Wildhauser Mulde infolge der Transgression von tertiären Grünsanden und Nummulitenkalken scharf und leicht erkenntlich. Wangschichten treten innerhalb der Säntis-Decke im Untersuchungsgebiet selbst in den südlichsten Aufschlüssen (südlich Erlen, nördlich Voralp) nicht auf.

II. DAS TERTIÄR

Am besten läßt sich die Grenzzone zwischen Oberkreide und Tertiär in den Aufschlüssen von *Lochalp* und *Abendweid* beobachten. Diese Profile wurden im einzelnen zum Teil schon von L. ROLLIER³⁴ und ARN. HEIM¹⁷ beschrieben.

Im großen *Anriß westlich der Lochalp* am Nordost-Abhang der Bromegg werden auf Quote 1470 m die typischen Amdener Schichten der Säntis-Decke von einem späten Grünsand transgressiv überlagert. An der Basis des Grünsandes läßt sich ein etwa 10 cm mächtiger Transgressionshorizont beobachten. Der Grünsand ist auf einzelnen Rissen in die Amdener Schichten eingedrungen. Im Transgressionshorizont finden sich, in die aufgearbeiteten Amdener Mergel eingelagert, röhrenförmige und gebogene, maximal 5 cm große Gebilde, welche zur Hauptsache aus großen Glaukonitkörnern bestehen und kleine Nummuliten mit sichelförmigen Rippen enthalten. Solche Aufarbeitungshorizonte werden in größerem Maßstab auch von L. ROLLIER³⁴ von der Lochalp beschrieben.

Bei den *Tristenplätzen nördlich Lochalp* beobachtet man bei überkippter Lagerung von Norden gegen Süden zunächst Amdener

Schichten, darüber transgressiv 6 m Grünsand, der von Nummulitenklak überlagert wird. Den ausführlichen Profilen und Angaben von ARN. HEIM¹⁷, L. ROLLIER³⁴ und W. LEUPOLD²⁸ ist hier nichts beizufügen. Nach ihnen vertritt der Kalk das untere Lutétien.

Ähnliche Verhältnisse lassen sich am Südrand des Untersuchungsgebietes im Bache südsüdwestlich Erlen auf Quote 1270 m beobachten. Die Amdener Schichten werden transgressiv von einem tertiären Grünsand mit großen Echinodermentrümmern überlagert.

Im *Bach nördlich Härti (Grabserberg)* zwischen Quote 1340 m und 1390 m sind die Verhältnisse nicht ganz klar. Über den Amdener Schichten der Säntis-Decke liegen, durch ein aufschlußloses Gebiet von ihnen getrennt, etwas fleckige, feinsandige und gelbliche Schiefermergel, und erst darauf folgt ein eigentlicher Nummulitenkalk (vgl. S. 17/18).

Die tertiären Ablagerungen, welche über diesem basalen Grünsand und den Nummulitenkalken folgen, weichen im Norden (am Säntis-Südrand) stark von denjenigen im Süden (im Churfirstengebiet) ab und sollen daher getrennt besprochen werden.

a) *Der Säntis-Südrand*

Am besten aufgeschlossen sind die über den basalen Nummuliten-schichten folgenden Gesteine im kleinen Bachgraben, der östlich der Hütten von Alp Abendweid einsetzt und gegen ESE zieht (vgl. Tafel I).

Von Quote 1200 m an findet sich dort bei überkippter Lagerung gegen unten (vgl. Tafel II):

1. Amdener Schichten (am rechten Ufer). Am linken Ufer kommen durch eine etwa Ost-West, also schräg zum Bachbett, verlaufende Verstellung Globigerinenmergel (Fleckenmergel) und Nummulitenkalk gegen die Amdener Schichten zu liegen.
2. Glaukonitischer Nummulitenkalk, etwa 3 m mächtig.
3. Nach kurzem Schuttunterbruch folgen etwa 70 m hellgraugelbliche, feinsandige Mergelschiefer, teilweise fleckig. Sie gehen nach oben in helle Fleckenmergel über, welche auf Quote 1160 m deutliche Rotfärbungen zeigen und Fleckenkalke enthalten.
4. Bei Quote 1145 m setzen konkordant eingelagert 12 bis 15 m gut gebankte, hellbraungraue, brekziöse Sandkalke mit san-

digen Schieferlagen ein. Die letztern zeigen meist eine rauhe, höckerige Oberfläche, während die Bänke vorwiegend aus kompakten, grauen Sandkalken gebildet werden. Sie führen Tonschmitzen und ziemlich viel Muskovit. An der Basis treten zwischen den Sandkalkbänklein noch einzelne Fleckenmergelagen auf, gegen oben schließen sich die Bänke zu einer kompakten Serie zusammen. Auf Grund der Mikrofauna müssen die Sandkalke zum Priabonien gestellt werden (siehe unten).

5. Hellgrünlichgelbe Fleckenmergel mit roten und grünlichen Mergellagen.

Ganz ähnliche Profile lassen sich in überkippter Lagerung in der Gegend von Lochalp und Abendweid noch an mehreren Stellen beobachten, so zum Beispiel unterhalb der Tristenplätze NW Lochalp, ebenso am Weg von Punkt 1178 m (ob Vadura) zur Abendweid. Oft sind die Schichten allerdings stark versackt, zum Beispiel südlich unterhalb Abendweid.

Hier treten somit *in der Säntis-Decke* am Südrand der Hochkastenfalte *echte Fleckenmergel* auf, zusammen mit grauen, leicht glaukonitischen Globigerinenschiefern.

Ein besonders interessantes Glied der Tertiärserie sind die *priabonen Sandkalke* (Nr. 4 des obigen Profils). Sie wurden erstmals in einer vorläufigen Mitteilung (Lit. ¹¹) beschrieben.

Schon unter der Lupe erkennt man den Reichtum an Fossilien. Das Gestein ist fast völlig organogen und führt neben Lithothamnium eine reiche Mikrofauna. *Nummulites* sp., *Discocyclina* sp. und *Alveolina* sp. sind selten, häufig dagegen *Asterocyclina* sp. und *Actinocyclina* sp. Sehr oft findet sich auch *Gypsina* sp. Neben zahlreichen Kleinforaminiferen (*Globigerina* sp., *Globorotalia* sp., *Carpenteria* sp.) finden sich Formen, die aus den Schweizer Alpen noch nicht beschrieben worden sind. Zu diesen gehören

Linderina SCHLUMBERGER

Chapmanina cf. *gassinensis* SILVESTRI

Von *Linderina* sp. treten verschiedene, nicht näher bestimmbare Formen auf. *Chapmanina* cf. *gassinensis* SILVESTRI darf wohl als leitend für das Obereozän angesehen werden.

Daneben fand sich eine weitere neue Form, die als

Tschoppina KEIJZER 1946

beschrieben worden ist²². Sie entspricht *Pseudorbitolina cubensis* CUSHMAN und BERMUDEZ 1936.

Herrn Dr. P. BRÖNNIMANN, Trinidad, verdanken wir die Mitteilung, daß die Gattung *Tschoppina* KEIJZER nach Abbildungen identisch ist mit *Eodictyoconus* COLE und BERMUDEZ (1942). Sollte sich diese Angabe bestätigen, so besitzt der letztere Name die Priorität.

Als Ergänzung der in Lit. 11 veröffentlichten Liste der Fundstellen von *Tschoppina* KEIJZER können hier noch folgende neue Fundorte angeführt werden:

1. Flysch helvétique von Creux-de-Champ, südlich Vers Champs, Diablerets (Coll. L. VONDERSCHMITT, Geol. Institut der Universität Basel, 1946). Vgl. dazu M. LUGEON: Notice explicative pour la feuille Diablerets, Atlas géol. de la Suisse, 1:25 000.
2. Im obereozänen Thoreggkonglomerat (subalpiner Flysch) von Heftisiten, nördlich der Hächlen an der Schrattenfluh, zusammen mit *Heterostegina helvetica*, *Discocyclus discus*, *Gypsina* sp. und *Halkyardia* sp.: (Dünnschliff 3007, Sammlung M. FURRER, Geol. Institut der Universität Basel).
3. In brekziösem Kalksandstein (Schutt) im Sachsler Dorfbach, Quote 710 m (Dünnschliff Nr. 2584, Sammlung F. BENTZ, Geol. Institut der Universität Basel).
4. In obereozänen Discocycluskalken aus der Gipfelpartie des Monte Vagina bei Casa Vagina, Vicentino (Dünnschliff Nrn. 540, 542, 545, Sammlung des Geol. Instituts der Universität Basel).

In Lit. 11 wurde die Ansicht ausgesprochen, daß allem Anschein nach *Tschoppina* KEIJZER ein Leitwert für das Obereozän zukomme. Diese Ansicht kann nicht mehr aufrechterhalten werden, da wir durch Herrn Prof. M. REICHEL noch auf die folgende Fundstelle aufmerksam gemacht wurden:

5. Ein gut erkennbares Exemplar von *Tschoppina* KEIJZER in einem Alveolinenkalk des Lutétien (Fundort: Colline d'Apremont bei Peyrehorade, Landes), zusammen mit Alveolinen aus der Gruppe *A. elongata* d'ORBIGNY (Legat A. JEANNET, 1935). *Tschoppina* KEIJZER tritt also schon im Lutétien auf.

Als weitere interessante Form erscheint in diesen priabonen Sandkalken

Halkyardia cf. *minima* LIEBUS.

Den in Lit. 11 angegebenen zwei Fundstellen aus den Schweizer Alpen können noch zwei weitere beigelegt werden:

1. *Halkyardia* sp. aus dem obereozänen Thoreggkonglomerat (vgl. Nr. 2, oben).
2. *Halkyardia* cf. *minima* LIEBUS aus einem Block im Wildflysch. Fundort: kleines Bächlein etwa 280 m südwestlich Punkt 1312.5 m bei Sommerweid am Grabserberg (Dünnschliff Nr. 346, Sammlung M. FORRER, Geol. Institut der Universität Basel).

Bei einer systematischen Durchsicht von Schliffen aus dem Obereozän der Schweizer Alpen ließe sich die Liste der Fundstellen von *Tschoppina* KEIJZER und *Halkyardia* LIEBUS wohl noch erweitern.

Die Sandkalke mit dieser für das *Helveticum* neuen Fauna bleiben auf das Gebiet von der Bromegg bis zur Abendweid beschränkt. Weiter im Südwesten und Nordosten konnten sie noch nicht aufgefunden werden.

Die Fleckenmergel, welche das Hangende der priabonen Sandkalke bilden, enthalten an zwei Stellen größere Einschlüsse fremder Gesteine:

- a) Quote 1160 m im Walde westlich Vadura, nordöstlich des auf der Siegfriedkarte angegebenen Bächleins: In der teilweise stark verrutschten Fleckenmergelserie liegt ein etwa 6 m langer und etwa 1 bis 1,5 m mächtiger Einschluß eines dichten, hellgrauen Kalkes. Er ist teilweise etwas kristallinisch, enthält feine Tonhäute und gleicht völlig dem helvetischen Seewer Kalk oder den Leimernkalken. Im Dünnschliff zeigt er einen großen Reichtum an *Orbulinaria* sp. und führt
Globotruncana lapparenti tricarinata (QUEREAU)
Globotruncana lapparenti coronata BOLLI.
- b) Zirka Quote 1110 bis 1115 m südöstlich unterhalb Punkt 1178 m (unterhalb Alp Abendweid): In den teilweise stark verrutschten Fleckenmergeln liegt ein grüngrauer, fleckiger, feinkörniger Sandstein. Außer den Quarzkörnern treten reichlich Glaukonit, Kalzit und undeutliche Foraminiferenreste auf. Die Größe dieses Einschlusses sowie die Art seiner Einlagerung in den Fleckenmergeln konnten wegen der starken Schuttbedeckung nicht genauer ermittelt werden. Er scheint mindestens 6 m lang und etwa 1,5 m mächtig zu sein.

Beide Einschlüsse liegen in Fleckenmergeln, welche noch zur Säntis-Decke gehören dürften. Eindeutig beweisen läßt sich diese Ansicht jedoch nicht.

Eine dunkle, braun anwitternde, quarzreiche Brekzie mit großen Muskovitschuppen, welche im Schutt unterhalb der Tristenplätze nordwestlich Lochalp gefunden wurde, könnte ebenfalls aus den Fleckenmergeln der Säntis-Decke stammen.

b) Das Tertiär der Säntis-Decke am Churfürsten-Nordrand

Das Eozän beginnt auch hier an der Basis mit Grünsand und Nummulitenkalken, die den Amdener Schichten transgressiv auflagern. Die hangenden Schichten weisen hingegen eine vom Säntis-Südrand sehr abweichende Ausbildung auf. Gesteine, welche sich den priabonen Sandkalken von Lochalp und Abendweid vergleichen lassen, fehlen völlig.

Das Tertiär des Churfürsten-Nordrandes ist vor allem im obersten Teil des Strickerntobels und im Bach, welcher aus der Gegend des Tischenrietwaldes zur Waldecke westlich Gapels fließt, gut aufgeschlossen.

1. *Das Profil im obersten Strickerntobel* (vgl. Tafel II):

Im obren Strickerntobel bietet die Abtrennung des sicher zur Säntis-Decke gehörigen Tertiärs von der tektonisch darüberliegenden Schuppenzone einige Schwierigkeiten, weil das Profil nicht lückenlos verfolgt werden kann.

Die Schichten fallen in überkippter Lagerung gegen Süden ein. Bei Quote 1350 m stehen Amdener Schichten an, welche sicher zur Säntis-Decke gehören. Bachabwärts gelangt man in immer höhere Niveaux des Profils, doch sind gerade die Grenzsichten zwischen Kreide und Tertiär durch Moränenschutt verdeckt. Es ist daher nicht ganz sicher, ob die von Quote 1340 m bis hinunter zu Quote 1270 m anstehenden Schichten zu einem einheitlichen Normalprofil gehören. Trotzdem stellen wir das Profil, welches im Strickerntobel zwischen Quote 1340 m und 1270 m aufgeschlossen ist, aus den folgenden Erwägungen heraus zum Tertiär der Säntis-Decke:

- a) eine tektonische oder stratigraphische Abtrennung der Serie zwischen Quote 1340 m und 1270 m von der Säntis-Decke läßt sich nicht begründen. Nach einer Schuttunterbrechung treten erst auf Quote 1245 m Fleckenmergel mit *Globotruncana stuarti* DE LAPPARENT auf, welche sicher nicht mehr zur Säntis-Decke gehören.
- b) Typische Gesteine der tektonisch über der Säntis-Decke liegenden Schuppenzone finden sich in dem Profil zwischen den oben angegebenen Quoten nicht. Es ist also unwahrscheinlich, daß ein Teil der Serie zur Schuppenzone gehört.

Das ganze Profil zwischen Quote 1340 m und 1270 m im obersten Strickerntobel dürfte demnach zur Säntis-Decke gehören. Wir beobachten bei überkippter Lagerung von oben nach unten:

1. Amdener Schichten, bis etwa Quote 1350 m. Aus dem Schutt stellenweise hervorstechend folgen darauf
2. gelbliche, feinsandige, etwas fleckige Schiefer. Am linken Ufer auf Quote 1340 m anstehend:
3. stark spätiger, sandig-brekziöser, dunkelgraugrüner Nummulitenkalk, welcher rotbraun verwittert. Er führt teilweise

mit Schwefeleisen ausgefüllte Nummuliten, Assilinen und Discocyclusen. Darüber

4. nur in Spuren und vereinzelt kleinen Aufschlüssen im versumpften Boden und Bächlein verfolgbar: dunkelgraue, seidenglanzende, feinsandige und schwach glimmerige Schiefermergel (keine Amdener Schichten).

Erst auf Quote 1315 m, unterhalb eines kleinen Fußwegleins, setzen bessere Aufschlüsse ein:

5. Quote 1315 m: Grünlichgraue, etwas tonige, stellenweise leicht fleckige Mergelschiefer mit vereinzelt Blöcken eines siltig-kieseligen Kalkes. Die Schiefer werden stellenweise stärker grünlich und gleichen dann etwas den Seewer Schiefern, doch wurden keine Foraminiferen in ihnen gefunden. Sie enthalten stellenweise rote, dichte, tonige Mergellagen. Auf Quote 1305 m liegt in intensiv roten und grünen Mergellagen eine etwa 10 cm mächtige, in Blöcke zerfallene Brekzienbank. Diese wittert löcherig und rauh an. Ihre Schichtflächen sind buckelig und wulstig. Die Komponenten der groben, dunkelgrünen Brekzie erreichen bis 2 cm Größe, die Muskovitschuppen sind bis zu 0,5 cm groß.

Dünnschliff: Grundmasse körnig-kalzitisch. Komponenten: hauptsächlich schwach undulöser Quarz, Kalzit, Glaukonit und Pyrit. Aufgearbeitete Brocken von stark glaukonitischem Kalk mit unbestimmten Foraminiferen, daneben Sandsteine, Kalke und Mergelschiefer. Die letzteren dürften zum Teil aus der die Brekzie unterlagernden Mergelserie stammen. An kristallinen Komponenten sind bestimmbar: Zweiglimmerplagioklasgneise mit leicht entfärbtem Biotit, Serizitschiefer und granitische Gerölle.

Über der Brekzienbank folgen

6. hellgraue Mergelschiefer. Auf Quote 1290 m schließen sie einen quarzitisch aussehenden, dunkelgrauen, sandigen Kalkblock mit groben, fast 1 cm großen, glasklaren Quarztrümmern ein. Die grauen Mergel lassen sich noch bis Quote 1280 m verfolgen.
7. etwa 2 m mächtige Serie von maximal 30 cm mächtigen siltig-sandigen Bänken wechsellagernd mit tonigen, rostig anwitternden, schwarzen Schiefern. Ein feinkörniger Sandstein enthält neben Glaukonit viele dünnschalige Kleinforaminiferen, die sich nicht näher bestimmen ließen.

Die schwarzen Schiefer stehen bis zu Quote 1270 m an.

W. LEUPOLD (Lit. 29, S. 292) beschreibt aus der Gegend von Amden Ablagerungen, welche er zum Priabonien der Säntis-Decke stellt. Sie weisen eine gewisse lithologische Übereinstimmung mit den Schichten 5 bis 7 des oben beschriebenen Profils auf. Leider läßt sich in unserm Falle für die Schichten 5 bis 7 weder ein priabones Alter noch die Zugehörigkeit zur Säntis-Decke einwandfrei beweisen.

Von Quote 1270 m bis Quote 1245 m sind keine Aufschlüsse vorhanden. Bei Quote 1245 m erscheinen Fleckenmergel mit *Globotruncana stuarti* DE LAPPARENT, welche nicht mehr zum Tertiär der Säntis-Decke gehören können.

2. Die Aufschlüsse im Bache an der Waldecke westlich Gapels:

Bei Quote 1340 m stehen die Amdener Schichten der Säntis-Decke an. Transgressiv folgt darüber (gegen Süden) ein dunkelgrüner bis hellgelblichgrauer Nummuliten- und Lithothamnienkalk. Die Lithothamnien sind durch neugebildete Kalzitkörner zerfressen. Diese Kalke führen *Nummulites* sp., *Discocyclina* sp. und *Operculina* sp. Das Hangende dieses Aufschlusses bilden etwa 40 m hellgelbgrau anwitternde, grünlichgraue, kalkige Fleckenmergel. Neben Globigerinen enthalten sie *Globorotalia* sp. Zwischengelagert erscheinen stellenweise schwärzliche Schiefer.

Unter Quote 1330 m folgen graue Mergel (Amdener Schichten) und Wildflysch (vgl. S. 36).

B. DIE TEKTONIK DER SÄNTIS-DECKE

(vgl. Tafel I und Tafel II)

Die Untersuchungen in der Säntis-Decke erstreckten sich auf ein so schmales Randgebiet im Norden und Süden der östlichen Wildhauser Mulde, daß über die Tektonik wenig ausgesagt werden kann.

Die Profiltafel zeigt, daß der Südrand der Hochkastenfalte durch einen Längsbruch gestört wird. Dieser ist auch auf den Profilen von W. LEUPOLD⁴⁶ eingetragen.

Nordöstlich Abendweid wird der Längsbruch von zwei Querbrüchen abgeschnitten. Der südwestliche der zwei Querbrüche weist einen relativ geringen Verschiebungsbetrag auf und ist im

Bächlein östlich der Abendweid gut aufgeschlossen: Nummulitenkalk und Fleckenmergel des Nordostflügels sind gegen Amdener Schichten im Südwestflügel verstellt.

Der nordöstliche der beiden Querbrüche ist auf der Sämtiskarte von ALB. HEIM⁴⁴ angegeben. Die beiden Brüche scheinen gegen Südosten zusammenzulaufen. .

Etwa 250 m südwestlich von Abendweid dürfte der Nummulitenkalk der Tristenplätze durch einen Bruch verstellt sein, und im bewaldeten Hang oberhalb Vadura finden sich häufige kleine, auf Sackungen zurückzuführende Brüche.

Im übrigen sind die Brüche der Hochkastenfalte (Gadöl, Hinterwald) bereits von ALB. HEIM und M. JEROSCH¹⁵ beschrieben worden.

Zur Tektonik der Sämtis-Decke am Nordrand der Churfürsten im Gebiet von Blutlosenbach–Langenwald–Moosbühl–Härti–Erlen ist folgendes zu sagen: Durch einige in den Mergelserien schwer zu fassende Brüche treten kleinere Verstellungen ein. So erscheinen etwa 280 m südwestlich Punkt 1312.5 m Seewer Schiefer an einem Bruch gegen Wildflysch mit Blöcken abgesetzt.

In den Profilen der Bäche am Nordhang des Grabserberges und im Langenwald fallen die Schichten von der Simmi bis hinauf gegen Moosbühl-Härti und Sommerweid meist mehr oder weniger steil gegen Süden ein, so im Blutlosenbach, im Strickern- und im Plänetobel (Schwenditobel). Im Blutlosenbach läßt sich keine einheitliche, zur Sämtis-Decke gehörige, Zone von Amdener Schichten verfolgen, wie dies in der Alvierkarte von ARN. HEIM⁴⁵ dargestellt wurde. Der größte Teil der Amdener Schichten im Blutlosenbach gehört zur Schuppenzone (vgl. S. 39/40). Diese Feststellung sowie das vorherrschende Südfallen der Schichten, zusammen mit den Beobachtungen über die tektonisch höhern Flyschmassen des Muldeninnern führen uns zu der auf Tafel II gegebenen Profil-darstellung im Nordhang des Grabserberges. Sie weicht etwas ab von der Profilzeichnung, welche W. LEUPOLD⁴⁶ veröffentlichte und in welcher der Nordflügel des Gewölbes von Neuenalp-Käserruck relativ ungestört gegen Norden abtaucht.

DIE SCHUPPENZONE

Über der Säntis-Decke liegt im Untersuchungsgebiet eine Schubmasse, welche stratigraphisch und tektonisch gut von der Säntis-Decke abgetrennt werden kann. Diese Schubmasse setzt sich aus mehreren Schuppen von Oberkreide (Amdener Schichten, Wangschichten) und Tertiär zusammen und bildet *eine Schuppenzone* im Hangenden der Säntis-Decke. Die Grenze zwischen der Säntis-Decke und dieser Schuppenzone muß überall dort gezogen werden, wo im Hangenden des Tertiärs der Säntis-Decke wieder Amdener oder Wangschichten folgen. Schwieriger ist die Grenzziehung an jenen Orten, wo zum Beispiel Fleckenmergel der Schuppenzone auf Fleckenmergel der Säntis-Decke überschoben wurden. Diese über der Säntis-Decke folgende Schuppenzone, welche in Einsiedler Fazies ausgebildet ist (W. LEUPOLD, Lit. 28 u. 29), kann zum Süd- oder Ultrahelveticum gestellt werden.

A. STRATIGRAPHIE

Die Klarstellung der Stratigraphie dieser Zone wird dadurch erschwert, daß Aufschiebungen und Verknetungen sowohl zwischen den einzelnen Schuppen als auch innerhalb ein und derselben Schuppe vorkommen. Zudem ist die Schichtserie nicht in allen Schuppen gleichartig ausgebildet. Betrachtet man jedoch die Schuppenzone als Ganzes, so läßt sich trotzdem ein Bild des allgemeinen stratigraphischen Aufbaus der Schichtserie gewinnen.

Im folgenden werden daher die allgemeinen Züge der Stratigraphie der Schuppenzone behandelt. Im Anschluß soll durch einige Spezialprofile das Bild vervollständigt werden.

Im allgemeinen setzen sich die Schuppen zusammen aus:

- I. Oberkreide (Amdener Schichten und Wangschichten p.p.), und
- II. Tertiär (mit verschiedenen Ausbildungstypen).

I. DIE OBERE KREIDE

a) Die Amdener Schichten

Die Amdener Schichten der Schuppenzone sind im allgemeinen gleich ausgebildet wie diejenigen der Säntis-Decke. Stellenweise können sie hingegen dunkler grau werden (Schützgoten, Blutlosenbach), ebenso führen sie öfters Einlagerungen von siltigen, kieseligen

Kalkbänklein. An einigen Orten enthalten die Amdener Schichten Einstreuungen von Blöcken und gehen somit in Wildflyschfazies über. Oft aber wird der wildflyschähnliche Habitus nur durch eine tektonische Zerreißung und Verknetung der kieselig-siltigen Bänke hervorgerufen.

Als wichtigste Fossilien seien genannt:

Globotruncana lapparenti lapparenti BOLLI

Globotruncana lapparenti tricarinata (QUEREAU).

b) Die Wangschichten

Sie schalten sich in der Schuppenzone zwischen die Amdener Schichten und das Tertiär ein, während sie der Säntis-Decke fehlen. Schon ARN. ESCHER VON DER LINTH⁸ hatte sie beobachtet, ARN. HEIM¹⁹ bestätigte ihr Auftreten, F. ZIMMERMANN⁴³ und H. BOLLI⁴ erwähnen sie vom Sommerigkopf bei Wildhaus.

Im allgemeinen ist die Grenze zwischen Amdener Schichten und Wangschichten scharf, oft deutlich diskordant. Wo ein Übergang von den Amdener Schichten zu den Wangschichten stattfindet (vgl. S. 27), lassen sich an der Basis der Wangkalke meist hell- bis dunkelgraue, sandige, glaukonitische Schiefer feststellen, von wechselnder, jedoch 40 m wohl nicht übersteigender Mächtigkeit. Darüber liegen die Wangkalke, an der Basis eher massig ausgebildet, gegen oben mehr bankig werdend. In den Wangschichten des Schützgentens schalten sich zwischen die einzelnen Kalkbänke Mergelschieferlagen ein («Drusbergschichten» ARN. HEIM, Lit. 19 und 20).

Die Wangkalke sind im allgemeinen dunkelgraue bis violett-schwarze, kieselige und feinsandige Kalke. Sie wittern hellgrau-braun bis weißlich an, sind oft etwas spätig und enthalten einzelne Glimmerschüppchen. Sie erreichen maximal etwa 150 m Mächtigkeit.

Im Dünnschliff zeigen sie eine feinsandige oder mikrobrekziöse Ausbildung. In einer braun verfärbten, kalzitischen Grundmasse liegen Quarzkörner, daneben reichlich Glaukonit. Oft ist ziemlich viel Pyrit vorhanden. An Foraminiferen beobachtet man

Globotruncana stuarti DE LAPPARENT

Globotruncana leupoldi BOLLI

Globotruncana lapparenti tricarinata (QUEREAU)

Gümbelina sp.

Haplophragmium sp.

ferner Rotalidenformen.

An den der Beobachtung zugänglichen Stellen ist die Obergrenze der Wangschichten gegen das Tertiär scharf. In den Anrissen süd-

östlich unter Bromegg ist eine deutliche Transgression von Grünsand mit aufgearbeitetem Wangkalk feststellbar.

c) Ganz ungeklärt in bezug auf seine tektonische Stellung ist ein kleines isoliertes Vorkommen von *Fleckenmergeln mit Globotruncana stuarti* DE LAPPARENT, welches sich im obern Strickerntobel auf Quote 1245 m findet. Etwas weiter unten im Bach steht ein tertiärer Glaukonitkalk der Schuppenzone an. Die gegenseitigen Beziehungen konnten nicht befriedigend abgeklärt werden. Die Fleckenmergel gleichen völlig den Couches rouges des Maestrichtiens der Grabser Klippen. Eine ähnliche Oberkreideausbildung ist in der Schuppenzone nicht bekannt. Es wäre möglich, daß hier Couches rouges der Grabser Klippen ganz isoliert auftreten (vgl. S. 80).

II. DAS TERTIÄR

Im Tertiär der Schuppenzone können verschiedene Faziestypen unterschieden werden: Nummulitenkalke; graue, glaukonitische Globigerinenschiefer; Glaukonitkalke; Wildflyschbildungen und vor allem Fleckenmergel.

Die *Fleckenmergel* treten zum Teil schon im Priabonien der Säntis-Decke auf, erlangen aber ihre größte Verbreitung im Tertiär der Schuppenzone.

Es sind im allgemeinen hell anwitternde, gelbliche, manchmal gelblichgrüne, feinsandige Mergelschiefer mit dunkeln Flecken. Untergeordnet treten auch etwas dunklere, graue Varietäten auf. Die Flecken sind meist groß (bis 2 cm), bräunlich und von unregelmäßiger Form. Es finden sich aber auch kleinere, eher scharf begrenzte Flecken. Ihre Farbe wechselt von Braun bis Olivgrau. Das Gestein zeigt auch diffuse Farbveränderungen von grünlicher zu gelblicher Farbe.

Gewisse Lagen sind sehr reich an Foraminiferen, vor allem Globigerinen und Globorotalien, welche sich als schwarze Punkte gut vom hellen Untergrund abheben. Glaukonit ist eher selten.

Die Fleckenmergel erreichen eine beträchtliche Mächtigkeit. Genaue Werte können nicht gegeben werden, da die Serien meist stark verschuppt sind.

Stellenweise enthalten sie Einlagerungen von roten bis grünen, mehr tonigen, Schiefen. Diese sind zum Teil fossilleer, zum Teil zeigen sie den gleichen Reichtum an Foraminiferen wie die Fleckenmergel. Auch schwärzliche Schiefereinlagerungen treten auf.

Die Fleckenmergel werden lagenweise stark kalkig und nehmen das Aussehen von fleckigen Seewer Kalken an. Sie führen aber meist

reichlich *Globorotalia* sp., so daß sie mit Seewer Kalk nicht verwechselt werden können.

Für die übrigen Faziestypen des Tertiärs der Schuppenzone vergleiche man die nachfolgenden Spezialprofile.

B. DIE WICHTIGSTEN AUFSCHLÜSSE DER SCHUPPENZONE

a) Das Profil in den Anrissen nördlich Bromegg bis zur Sommerigweid (unter Sommerigkopf) (vgl. dazu Tafel I und II, ferner Fig. 2)

Die Abtrennung der Schuppenzone von der Säntis-Decke bietet an der Bromegg einige Schwierigkeiten. Über den sicher zur Säntis-Decke gehörigen Amdener Schichten und dem transgressiven Grün-

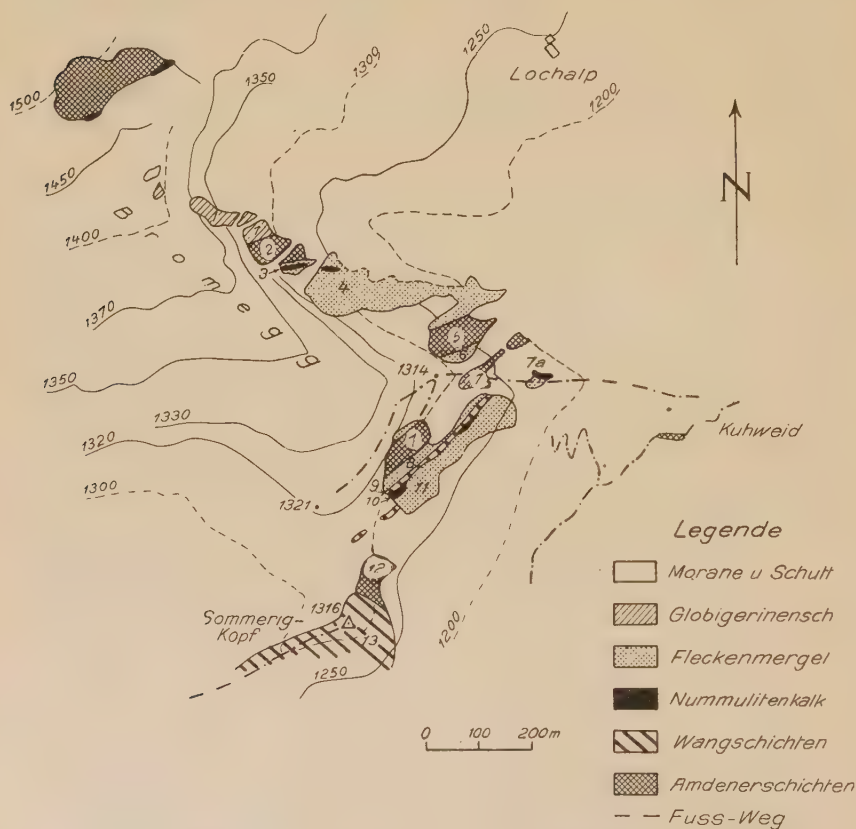


Fig. 2. Geologische Kartenskizze der Gegend von Bromegg-Sommerigkopf.

sand auf Quote 1470 m folgt entlang dem Nordostabfall der Bromegg gegen Südosten zunächst eine breite Zone von Schutt und verrutschten Globigerinen- und Fleckenmergeln (vgl. Fig. 2).

Von Quote 1370 m abwärts einsetzend, folgt (die Nummern des folgenden Profils beziehen sich auf Figur 2 und Tafel II):

1. etwa 150 m graue, weißlich anwitternde, schwach fleckige, sandige Mergelschiefer mit etwas Glaukonit. In der sandig-brekiösen Grundmasse liegen große Globigerinen und Globorotalien. Diese Globigerinenschiefer könnten noch zur Säntis-Decke gehören. Ihre tektonische Stellung läßt sich wegen der Aufschlußlosigkeit des Gebietes zwischen Quote 1370 m und dem Tertiär der Säntis-Decke auf Quote 1470 m nicht befriedigend abklären.

Erst die nächstfolgenden Schichten (Nrn. 2 bis 13 in Fig. 2 und Tafel II) gehören sicher zur Schuppenzone. Diese setzt sich also in den Anrissen von der Bromegg bis zum Sommerigkopf zusammen aus:

2. etwa 60 m Amdener Schichten, auf 1. überschoben. Am kleinen bewaldeten Vorsprung zwischen den zwei Anrissen etwa Quote 1270 m gehen sie über zu etwa 20 m dunkeln, feinsandigen, glaukonitischen, stellenweise stärker kalkigen Mergelschiefen (? Wangschiefer), welchen etwa 2 m hellergraue Mergel (wie unter 1.) eingeschuppt sind. Darauf
3. 30 bis 40 cm mächtige, in einzelne Blöcke zerrissene Bank eines hellgrauen Nummulitenkalkes. Er führt Nummuliten, Discocyclinen und Asterocyclinen. Darüber liegt eine nur noch in Resten in ursprünglicher Lage vorhandene, zum größten Teil verrutschte und verstürzte, etwa 1 m mächtige Bank eines sandigen, hellbraun verwitternden, sehr glaukonitreichen Kalkes. An der Unterseite des Kalkes liegen graue, sandige, blättrige Schiefer, welche viel Glaukonit in groben Nestern führen. Sie sind reich an Nummuliten und Discocyclinen.

Bestimmt werden konnte

Nummulites munchisoni BRUNNER.

Daneben fanden sich folgende, nicht sicher bestimmbare Nummuliten:

- a) Formen, welche zum Teil *Nummulites partschi*, zum Teil *Nummulites subdistans* und zum Teil *Nummulites atacicus* zu entsprechen scheinen.
- b) Verschiedene, sehr wahrscheinlich zu *Nummulites subdistans* DE LA HARPE gehörende A-Formen mit schmalen, sichelförmigen Septen und sehr kleiner Embryonalkammer.

Genauere Bestimmungen waren an den A-Formen nicht möglich. Eine sichere Altersbestimmung ließ sich also nicht durchführen, wahrscheinlich ist aber der Nummulitenkalk untereozänen Alters. – Darüber folgen:

4. etwa 270 m Fleckenmergel mit hellolivinen Fleckenkalkbänken und roten und schwarzen Mergelschieferlagen (vgl. die Beschreibung S. 23/24). Sie bilden vor allem die großen Anrisse nordwestlich von Punkt 1314 m.

In der nordöstlichen untern Ecke des Anrisses liegt im Schutt (unter einer kleinen Rinne) eine graue, *polygene Brekzie* mit grünen Gesteinstrümmern, gelben Kalkbrocken und großen Tonschmitzen und -lagen. Neben Kalk- und Sandsteintrümmern finden sich in dieser Brekzie auch kristalline Komponenten, zum Beispiel: Quarz- und plagioklasreiche granitische Gerölle mit Perthitbildungen. In dem braunen, kalzitischen Bindemittel liegen wenige Foraminiferen.

An der gleichen Stelle beobachtet man auch reichlich im Schutt, jedoch nirgends sicher anstehend einen siltigen Kalk. Er enthält aufgearbeitete Globotruncanen der *Lapparenti*-Gruppe, daneben große Globigerinen und fragliche Discocyclinenreste. Gleiche siltige Kalke sind anstehend in den Fleckenmergeln des Betraienbaches gefunden worden.

Über diese Fleckenmergel überschoben folgen

5. etwa 50 m Amdener Schichten. Darüber überschoben
6. etwa 50 m Fleckenmergel. Darauf überschoben
7. etwa 40 m Amdener Schichten, mit
Globotruncana lapparenti lapparenti BOLLI
? Tritaxia sp.

Etwas nördlich des Wegleins, welches von Punkt 1314 m zur Kuhweid hinunterführt, liegt auf Quote 1240 m ein versackter und zerbrochener Glaukonitkalk, der von Fleckenmergeln überlagert wird (7a). Seine Stellung im Profil ist unsicher.

Die großen Aufschlüsse am Nordostabhang der Bromegg setzen hier aus. Die Fortsetzung des Profiles findet man im Anrisse südlich und südöstlich Punkt 1314 m. Über die Verbindung der Aufschlüsse am Nordostabhang der Bromegg unter Punkt 1314 m mit dem Anrisse südlich Punkt 1314 m orientiert Fig. 2.

Über den Amdener Schichten (Nr. 7) folgen im Anrisse südlich Punkt 1314 m:

8. etwa 20 m Fleckenmergel und dann an einer Störungsfläche
9. Wangschichten, maximal 8 bis 10 m mächtig, die zum größten Teil verstürzt sind und als Blöcke unter dem Anriß liegen. Die Wangkalke führen

Globotruncana lapparenti tricarinata (QUEREAU)

Globotruncana lapparenti lapparenti BOLLI

Globotruncana cf. stuarti DE LAPPARENT

Transgressiv folgt darüber

10. grauer, stark glaukonitischer, sandiger Schieferkalk. An der Basis sind bis faustgroße Wangkalkgerölle eingelagert. Neben Globigerinen und andern Kleinforminiferen konnten im sandigen Schiefer Bruchstücke von *Discocyclina* sp. festgestellt werden.

Diese Glaukonitschiefer werden normal überlagert durch

11. etwa 50 + x m Fleckenmergel.

Südlich des Aufschlusses stehen im Wald noch zweimal in kleinern Vorkommen Wangschichten an. Nach einem durch Schutt und Vegetation bedingten Unterbruch folgen im Anriß nordnordöstlich Punkt 1316.4 m (Sommerigkopf)

12. x + 30 m Amdener Schichten. Ganz im nördlichsten Teil des Aufschlusses führen sie in einem kleinen Graben kieselige Kalkbänklein. Gegen Süden läßt sich in dem Aufschlusse ein allmählicher Übergang der Amdener Schichten in die Wangschichten beobachten. Die hellgrauen und feinsandigen Mergel werden stärker sandig, dunkler und kalkiger. Ebenso tritt mehr und mehr Glaukonit auf, während die eigentlichen Amdener Schichten frei davon sind. Der Übergang vollzieht sich auf kurze Distanz (4 bis 5 m). In der Übergangszone tritt eine etwa 2 cm mächtige, viel Schwefeleisen führende Lage auf. Die Schiefer enthalten

Globotruncana lapparenti lapparenti BOLLI.

Gegen oben gehen die dunkeln, glaukonitischen Schiefer über in

13. typische Wangkalke. Sie bilden den sanften Rücken des Sommerigkopfs und tauchen südwestlich Sommerigweid unter die Amdener Schichten des Burstelbaches.

b) Das Profil im Nesselbach ob Sax

In den Anrissen der Hänge südlich oberhalb des Nesselbachs zwischen Quote 1080 m und 1000 m und ebenso im Nesselbach selbst bis hinunter zu Quote 680 m findet sich ein Profil, das im allgemeinen den Verhältnissen an der Bromegg entspricht. Die Wangschichten erreichen jedoch eine größere Mächtigkeit und treten in drei großen Schuppen auf. Vom Säntis-Südrand gegen Südosten gehend, quert man zunächst einige kleinere Schuppen von Amdener Schichten und Fleckenmergeln und trifft dann:

1. Das *Wanggriff* nordöstlich *Alp Gadöl*, welches etwa auf Quote 1000 Meter einsetzt und in nordöstlicher Richtung bis zu Quote 810 m beim Nesselbach hinunterzieht. Das Riff streicht im Mittel N 60° E und fällt 50° S.

Gegen oben, das heißt gegen Süden, werden die Wangkalke schiefriger. In den schiefrigen Partien treten glaukonitreiche Nester auf. Diese müssen auf Grund der Fossilien (Discocyclinen) als tertiäre, auf Rissen und Klüften in die Wangschichten eingedrungene Bildungen betrachtet werden. Eigentliche tertiäre Grünsande oder Nummulitenkalke von größerer Mächtigkeit wurden über diesen Wangschichten jedoch nicht gefunden. Auf den Wangschichten liegen an den meisten Stellen wenig mächtige Fleckenmergel, die wieder von Amdener Schichten überschoben werden.

2. Ein weiteres großes *Wanggriff* läßt sich vom *Weidkopf* (Punkt 913 m) in nördlicher Richtung bis zum Nesselbach (Quote 715 m) verfolgen.

Im Nesselbach selbst beobachtet man zwischen Quote 740 m und 715 m von Westen nach Osten folgendes Profil:

- a) Quote 740 m: Fleckenmergel. Scharfe Grenze gegen
- b) 60 m Wildflysch: graue Mergelschiefer mit schwarzen, tonigen Schieferlagen. Sie enthalten Linsen und Blöcke von kieseligen und siltigen Kalken. Diese dürften aus einer Verknetung und Verwanzung von kieseligen und siltigen Kalkbänken entstanden sein. Das Alter der Mergelschiefer ist unbestimmt (? Oberkreide oder Tertiär). Nach kurzem Schuttunterbruch folgen bachabwärts:
- c) graue tertiäre Mergelschiefer mit *Globorotalia* sp. und auf Quote 715 m:
- d) Wangschichten, überlagert von Fleckenmergeln.

Weiter bachabwärts folgen die Amdener Schichten einer höheren Schuppe; sie bilden in ihren höhern Niveaux die Basis der

3. *Wangkalke von Hohensax*: Diese bauen eines der ausgedehntesten Wangvorkommen der östlichen Wildhauser Mulde auf. Im Nordosten bei Oberrüthi ob Sax einsetzend, lassen sie sich in einem Zuge über die Ruine Hohensax gegen Südwesten bis ins Gulentobel verfolgen. Der bei Oberbühel anstehende und gegen Rafinen ziehende Wangschichtenkomplex dürfte ihre direkte südwestliche Fortsetzung sein.

Südwestlich unterhalb der Ruine Hohensax scheinen die Wangschichten einen Übergang zu den liegenden Amdener Schichten zu zeigen, welche siltige Kalkbänkelein enthalten.

Überlagert werden diese Wangkalke vor allem zwischen dem Gulentobel und der Ruine Hohensax durch einen sehr glaukonit-

reichen, spätigen Kalk mit weißen Punkten (Laumontit, ARN. ESCHER VON DER LINTH) und einen darüberfolgenden dichten Nummulitenkalk mit *Discocyclinen* und *Lithothamnien*. Höhere tertiäre Schichten lassen sich nicht feststellen.

Die Wangschichten von Hohensax zeigen in bezug auf die Mächtigkeit und Ausbildung große Ähnlichkeit mit denjenigen des Sommerigkopfs. Vielleicht bildeten die Wangschichten vom Sommerigkopf-Felsbach-Rafinen-Bühel-Hohensax ursprünglich einen zusammenhängenden Zug.

c) Die Aufschlüsse im Gulentobel ob Sax

Über den Wangschichten von Hohensax (siehe oben) folgt im Gulentobel nach einem Schuttunterbruch auf Quote 630 m ein isoliertes Wildflyschvorkommen.

In grauschwarzen, glänzenden, tonigen Schiefern liegen nuß- bis kopfgroße Gerölle, hauptsächlich Ölquarzite, Siltsteine und glimmerige Sandkalke. Ein Dünnschliff durch einen zähen, sandigen, dunkeln Kalkblock zeigte viele Foraminiferen, so vor allem *Globigerina* sp., *Globorotalia* sp., *Nummulites* sp., *Discocyclina* sp. neben aufgearbeiteten Globotruncanen. Als besonders interessante Form fand sich in diesem Wildflyschblock in einzelnen Bruchstücken

Orbitolites sp.

der bis jetzt noch nie im Eozän der Schweiz festgestellt wurde. Daneben tritt eine *Alveolina* sp. auf, welche durch den knäuelig aufgewundenen Anfangsteil und die Ausbildung der Septen am nächsten mit der Gattung *Nealveolina* SILVESTRI übereinstimmt, jedoch nach Angabe von Herrn Prof. M. REICHEL zu einer neuen Art gehört. Das Auftreten dieser bis jetzt mit Sicherheit erst vom Oligozän an bekannten Gattung im Wildflysch der Schuppenzone ist auffällig. Eine nähere Untersuchung ist im Gange.

Es konnte nicht abgeklärt werden, ob dieses Wildflyschvorkommen das normale Hangende der Wangschichten und Nummulitenkalke von Hohensax bildet. Weiter bachabwärts folgt darüber überschoben der Kreideflysch des Muldeninnern.

d) Die Schuppenzone im Schützgonten und im Burstelbach

In der Gegend des Schützgontens hat sich die aus den weichen Amdener Schichten des obern Simmitobels kommende Simmi einen engen Einschnitt durch härtere Kalkbänke erodiert.

Ein besonders guter Aufschluß dieser Kalke und ihrer Unterlage findet sich im großen Anriß unter dem Wasserfall am untern östlichen Ende des Engpasses, wo sich von unten nach oben folgendes Profil beobachten läßt (vgl. Fig. 3):

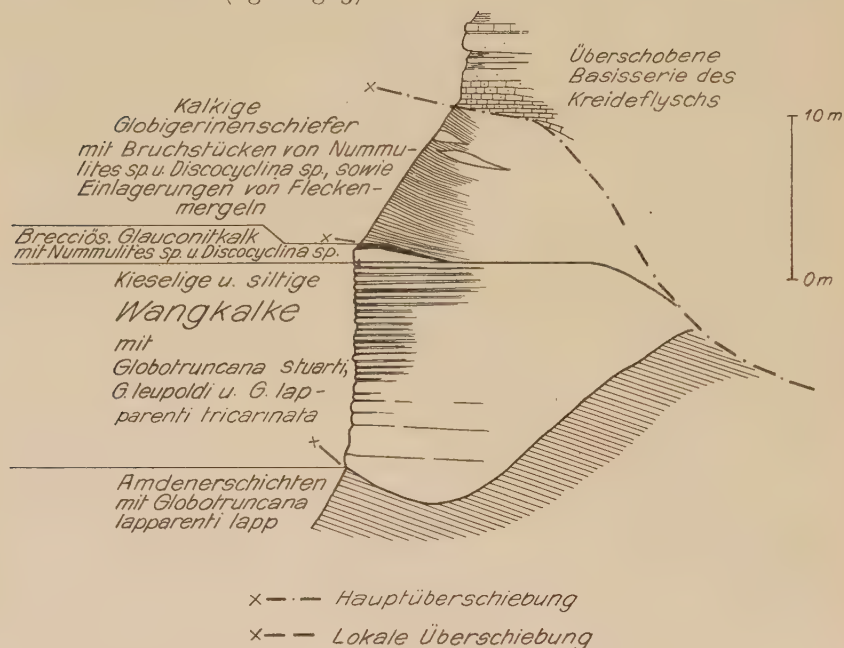


Fig. 3. Stratigraphisches Übersichtsprofil der Schuppenzone.

1. dunkle, schwärzliche Amdener Schichten mit *Globotruncana lapparenti lapparenti* BOLLI. Diskordant folgen darüber.
2. unten mehr massige, gegen oben (an der Straße) bankige Wangkalke mit Mergelzwischenlagen. Die kieseligen, dunkeln Kalke und zwischengeschalteten Mergel führen *Globotruncana lapparenti tricarinata* (QUEREAU)
Globotruncana leupoldi BOLLI
Globotruncana stuarti DE LAPPARENT.

Diese («drusbergschichtenähnlichen») Wangkalke des Schützgentens dürften ursprünglich mit den Wangkalken bei Burstel und Walenbrand (vgl. Tafel 1) zusammengehangen haben. Die diskordante Auflagerung dieser Wangkalke auf die Amdener Schichten entspricht wohl einer primären, stratigraphischen Winkeldiskordanz, welche nachträglich durch tektonische Vorgänge (Überschiebung) noch lokal verschärft wurde.

Etwas oberhalb der untersten Brücke im Schützgonten ist an der Straße die Fortsetzung des Profils gegen oben aufgeschlossen. Auf die Wangschichten folgt

3. ein äußerlich den Wangschichten ähnlicher, etwa 2 m mächtiger grauer Kalk, der unter der Lupe brekziös aussieht und große Glaukonitkörner führt.

In einer braunen, kalzitischen Grundmasse liegen hauptsächlich eckige Quarztrümmer und viel Glaukonit in runden und eckigen Körnern, welche oft neugebildete Kalzitkristalle enthalten. Einen großen Anteil am Aufbau des Gesteins nehmen Foraminiferen, vor allem deren Bruchstücke. So finden sich *Textularia* sp., große Nodosarien, Globigerinen und Globorotalien, daneben Bruchstücke von Discocyclinen, Nummuliten und Asterocyclinen.

Über diesem Glaukonitkalk liegt zunächst

4. ein etwa 30 cm mächtiges schwarzes Mergelband, und darauf folgen
5. kalkige, dunkle, glaukonitische Globigerinenschiefer, deren mikroskopisches Bild demjenigen der oben beschriebenen tertiären Kalke (Nr. 3) völlig entspricht. Stellenweise fehlt der Glaukonitkalk (Nr. 3) wie das schwarze Mergelband (Nr. 4), und dann liegen die Schiefer (Nr. 5) direkt auf den Wangschichten. Gegen oben werden die Schiefer mergeliger und erhalten Einlagerungen von Fleckenmergeln (zum Beispiel südlich der Straße im obern Teil des Schützgontens und am Weglein von der Haltestelle Schützgonten gegen Au).

Im Hangenden wird diese Kreide-Tertiär-Serie von der Basis-Serie des Kreideflyschs des Muldeninnern überschoben. Diese Überschiebung kann im Anriß unter dem Wasserfall (Kreideflysch auf Amdener Schichten) und südlich über der Straße im Schützgonten (Kreideflysch auf tertiäre Schiefer) gut beobachtet werden. An der Einmündung des Schwenditobels in die Simmi wenig oberhalb des Schützgontens überschiebt der Kreideflysch zunächst die Wangschichten, ist aber im untersten Schwenditobel mit dem Tertiär, welches zu diesen Wangschichten gehört, stark verschuppt (vgl. Tafel II).

e) *Das Profil westlich Tiefenbrunnen*, vom untern Simmitobel (etwa 610 m) gegen Litten

Auf dem rechten Ufer der Simmi findet sich auf 610 m ein etwa 15 m hoher Anriß in

1. hellgrau bis weiß anwitternden, dunkelgrauen Amdener Schichten mit Gümbelinen, Nodosarien und

Globotruncana lapparenti lapparenti BOLLI.

Gegen oben (gegen Osten) folgen darüber:

2. 2 m dunkle, sandige, glaukonitische Schieferkalke, die im Schliffbild und im Handstück den Wangschichten entsprechen. Auffällig ist jedoch die geringe Mächtigkeit. Transgressiv auflagernd folgt:
3. eine 2 m mächtige Lage eines spätigen, glaukonitreichen, dunkeln brekziösen Kalkes. Seine Basis wird von einem wenig mächtigen Grünsand gebildet, der auf Spalten und Rissen bis 10 cm tief in die unterlagernden Schieferkalke (2) eingedrungen ist. Der Kalk führt vor allem kleine Nummuliten. Daneben fand sich auch ein etwa 2 cm großer Nummulit, der Beziehungen zur Gruppe des *Nummulites distans* aufweist.

Gegen oben geht der feinbrekziöse glaukonitische Kalk über in

4. etwa 80 bis 100 m glaukonitische, dunkle Schiefermergel mit feinen Glimmerschüppchen. In den Schiefen sind am rechten Ufer der Simmi Bänke eines hellgrauen, sandigen, glaukonitführenden Kalkes und eines schwärzlichen, brekziösen Kalkes mit glänzenden Tonhäuten eingelagert. In der kalzitischen Grundmasse des hellgrauen, sandigen Kalkes finden sich viele, meist völlig umkristallisierte Foraminiferen, die zum Teil in der Grundmasse aufgelöst erscheinen. Es ließen sich Textularien, große Globigerinen und Globorotalien, Discocyclinen und wenige Echinodermenbruchstücke beobachten.

In den Anrissen zwischen Litten und Unter der Wies liegt darüber aufgeschoben der Kreideflysch.

f) Die Schuppenzone im Blutlosenbach

Im Blutlosenbach läßt sich kein einheitliches Profil durch die Amdener Schichten der Säntis-Decke vom Churfirten-Nordrand bis ins Simmitobel verfolgen, wie dies auf der Alvierkarte⁴⁵ dargestellt ist (vgl. S. 20). Auch das zweimalige Auftreten von wildflyschartigen Blockeinstreuungen in diesen Amdener Schichten (auf Quote 935 m und 955 m) spricht gegen deren Zugehörigkeit zur Säntis-Decke.

Die Größe der Blöcke des Wildflyschs wechselt. Haselnuß- bis kopfgroße Gerölle bilden die Regel, nur ein einziger größerer Block (70:50:30 cm) wurde gefunden. Es sind hauptsächlich dunkle, kieselige oder siltige Kalke und Ölquarzite. Ein hellgrauer, glaukonitreicher Kalksandstein enthielt viele Globigerinen und Globigerinellen (? Gault). Der Wildflysch auf Quote 955 m scheint durch Übergänge mit den Amdener Schichten verknüpft zu sein. Für den Wildflysch auf Quote 935 m ließen sich die Beziehungen zu den Amdener Schichten nicht abklären.

In die Amdener Schichten eingeschuppt finden sich des weiteren auf Quote 970 m graue, fleckige und sandige Globigerinenmergel. Sie gleichen den unter 1., S. 25, beschriebenen tertiären Globigerinenmergeln der Bromegg. Das Alter dieser Schiefer konnte nicht bestimmt werden, vermutlich gehören sie zum Tertiär. Bachaufwärts folgen darüber wieder vorwiegend südfallende Amdener Schichten. Sie enthalten stellenweise Einlagerungen von Kieselkalkbänklein und können bis hinauf gegen das Sträßchen auf Quote 1270 m fast ununterbrochen verfolgt werden. Auch diese Amdener Schichten dürften in sich selbst verschuppt sein, doch lassen sich durchgreifende Schubflächen innerhalb dieser mächtigen Mergelserien nicht sicher feststellen.

g) *Die Aufschlüsse im Bach bei Plänen*, von der Simmi bis zum Sträßchen Quote 940 m

An der Simmi stehen Amdener Schichten an, welche siltige Kalkbänklein mit etwas Glaukonit und wenigen unbestimmbaren Resten von Kleinforaminiferen enthalten. Diese Mergelschiefer lassen sich bis etwa 5 m unterhalb des Sträßchens Quote 940 m verfolgen. Von dort bis zum Sträßchen liegt Schutt. In der Straßlenkurve erscheinen darüber graue, feinsandige Schiefermergel mit schwarzen, tonigen Schiefereinlagerungen. Die Schiefer sind stark zerschert und von Kalzitadern durchzogen. In den Schiefen liegen kalzitisierte Knollen eines grauen Kalkes, der viele Nummuliten und Discocyclinen führt.

Oberhalb der Straßlenkurve werden die Schiefer im kleinen Bächlein nach wenigen Metern von der Basis-Serie des Kreideflyschs überschoben.

Die Beziehungen dieser eigenartigen tertiären Schiefer zu den unterlagernden Amdener Schichten bilden ein ungelöstes Problem.

Eine scharfe Grenze ließ sich im Feld nicht finden; sie kann vielleicht im Schutt unter dem Sträßchen liegen.

h) Die Schuppenzone im Strickerntobel (vom Weg Quote 1045 m bis zu Quote 1250 m, vgl. Tafel II)

Im untersten Strickerntobel bleibt man zunächst von der Simmi bis auf Quote 970 m im Schutt. Von dort bis zum Weg Quote 1045 m quert man alsdann ein Profil durch den basalen Kreideflysch.

Vom Weg Quote 1045 m an aufwärts läßt sich über dem eingewickelten Kreideflysch folgendes Profil beobachten:

1. Feinsandige, hellgrau anwitternde, blättrige Amdener Schichten mit kleinen Pyritkriställchen. Damit verknüpft sind schwärzliche, glänzende, feinsandige und leicht glimmerige Mergelschiefer mit bis kopfgroßen Blöcken von Ölquarziten und glimmerreichem Sandstein. Wir betrachten diesen Wildflysch als oberkretazische, mit den Amdener Schichten stratigraphisch zusammenhängende Bildung. Ähnliche Wildflyschvorkommen in den Amdener Schichten (im Liegenden von Wangschichten) werden von A. JEANNET²¹ aus der Gegend des Drusbergs beschrieben. – Diese Serie setzt sich fort bis zum Wasserfall Quote 1090 m. Der Wasserfall wird an der obern Kante gebildet durch
2. Wangschichten in typischer, feinbrekziöser Ausbildung, mit den charakteristischen Foraminiferen. Darüber folgen
3. schwärzliche Schiefer wie bei 1., bis Quote 1150 m. Bei Quote 1130 m liegt am linken Ufer ein kleines Riff von Wangkalk. – Der Wasserfall Quote 1160 m wird gebildet von
4. Wangschichten, etwa 40 m mächtig. Sie liegen den dunkeln Schiefen mit scharfem Kontakt auf und lassen sich bis zum Weg Quote 1200 m verfolgen. Oberhalb des Weges
5. sandig-kalkige Glaukonitschiefer, welche in glimmerführenden, hellbraungrün anwitternden Glaukonitsandstein übergehen. Dieser steht bis Quote 1240 m an und geht allmählich über in
6. Glaukonitkalk, feinsandig-spätig, mit groben Kalzitadern. Er wittert hellbraun an.

Dünnschliff: In dunkler Grundmasse liegen hauptsächlich Quarz- und Glaukonitkörner. Der Kalk führt *Discocyclus* sp., *Nummulites* sp., *Globigerina* sp., *Globorotalia* sp. und *Haplophragmium* sp.

Bis hierher können in der Schuppenzone im Strickernbach also zwei Schuppen unterschieden werden:

- a) eine erste Schuppe aus Amdener Schichten in Wildflyschfazies und Wangschichten (Nrn. 1 und 2 des Profils);
- b) eine zweite Schuppe aus Amdener Schichten in Wildflyschfazies, Wangschichten und tertiären Glaukonitschiefern und -kalken (Nrn. 3 bis 6 des Profils).

Darüber folgt Schutt bis Quote 1245 m, dort am linken Ufer in einem kleinen Anriß:

- 7. 10 m hellgelblich-gründliche Fleckenmergel mit

Globotruncana stuarti DE LAPPARENT.

Diese Fleckenmergel dürften zu den Couches rouges der Grabser Klippen gehören (vgl. S. 80), treten hier jedoch ganz isoliert auf. Daran anschließend:

- 8. etwa 30 m schwärzliche, tonige Schiefer.

Darüber folgt wieder Schutt, und etwa auf Quote 1270 m setzen dann die S. 17 ff. beschriebenen Schichten des Tertiärs der Säntis-Decke ein.

Auffällig ist in diesem Profil neben der Wildflyschbildung im Liegenden der Wangschichten auch das isolierte Auftreten oberkretazischer Fleckenmergel.

Die Schichten fallen vorherrschend gegen Süden ein (vgl. Tafel II).

i) Die Aufschlüsse im Schwenditobel

Die Schuppenzone, vertreten durch das zu den Wangschichten des Schützgentens gehörige Tertiär (vgl. S. 32) ist im untern Schwenditobel bei der Einmündung in die Simmi intensiv mit dem basalen Kreideflysch des Muldeninnern verschuppt (vgl. Tafel I und II).

Nachdem man den eingefalteten Kreideflysch im Schwenditobel (vgl. S. 49) gequert hat, trifft man nach einem Schuttunterbruch oberhalb des Sträßchens (Quote 1080 m) wieder auf Gesteine der Schuppenzone (vgl. Tafel I und II), und zwar zunächst auf Amdener Schichten. Nach verschiedenen Schuttunterbrechungen stehen auf Quote 1260 m Glaukonitkalke an, welche völlig denjenigen im Strickerntobel (Nrn. 5 und 6, S. 34) entsprechen.

k) Gesteine der Schuppenzone stehen als isolierte Vorkommen noch an verschiedenen Punkten im Untersuchungsgebiet an. Ihre Verbreitung zeigt Tafel I. Die wichtigsten Vorkommen seien im folgenden kurz aufgezählt:

1. *Wangschichten* finden sich noch in einem künstlichen Aufschlusse im Felsbach, ferner bei Punkt 982 m unterhalb Abendweid.
2. *Amdener Schichten* der Schuppenzone treten vor allem noch südöstlich und östlich Alp Gadöl auf. In kleinen Aufschlüssen finden sie sich im Bache südlich Stocken, im Bache südlich Schluß auf Quote 680 m und südlich oberhalb Bädli (Grabserberg). Die tektonische Stellung der bei Risi und Runkelun-Graben auftretenden Amdener Schichten ist unsicher. Sie können sowohl zur Schuppenzone als auch zur Säntis-Decke gestellt werden.

C. ERGÄNZENDE UND ZUSAMMENFASSENDE BEMERKUNGEN ZU DEN WILDFLYSCHVORKOMMEN

Ein Teil der Vorkommen von Wildflysch konnte in den Profilen der Schuppenzone (S. 17 ff.) besprochen werden, einige andere isolierte Aufschlüsse sollen nun im folgenden noch kurz angeführt werden.

a) Wildflysch im Bache südöstlich Tenn (vgl. Tafel III).

Über basalem Kreideflysch liegen schwarze, tonige, blättrige Mergelschiefer, welche Bänke und ausgewalzte «Blöcke» eines kieseligen dunkeln Kalkes führen. Gegen oben scheint ein Übergang in hellgraue, feinsandige Amdener Schichten stattzufinden. Es handelt sich hier wohl nicht um eine Einstreuung von fremden Blöcken, sondern eher um eine tektonische Auswälvung von sedimentär den Schiefern eingelagerten Kieselkalkbänken. Dieser «Wildflysch» dürfte oberkretazeisch sein, dahin deutet der Übergang zu den Amdener Schichten.

b) Wildflysch im Wald östlich unter Punkt 883 m (Salen)

In den Anrissen liegen in dunkelgrauen Schiefermergeln Blöcke von Ölquarziten, dunkeln Sandkalken, kieseligen Kalken und Fleckenkalken. Über das Alter kann nichts ausgesagt werden.

Die Vorkommen a und b gehören zur Schuppenzone. Die tektonische Stellung des unter c, d und e beschriebenen Wildflyschs ist unsicher. Er könnte sowohl zum Tertiär der Säntis-Decke als auch der Schuppenzone gehören. Es handelt sich hauptsächlich um drei größere Aufschlüsse:

c) *Der Wildflysch im Klostobel* (Grabserberg, Koordinaten 748800/227300)

Die auf Quote 1115 m im Klostobel anstehenden dunkelgrauen Schiefermergel führen Blöcke von Ölquarziten und kieseligen Kalcken. Das Alter dieser Schiefer ließ sich nicht bestimmen.

d) *Der Wildflysch auf Quote 1320 m im Bache an der Waldecke westlich Gapels*

Hier liegen in dünnblättrigen, verfältelten, kalzitisierten, schwarzen Mergelschiefen hauptsächlich dichte, siltige Kalke. Daneben findet sich eine grobe polygene Brekzie als großer Block (2:1:0,7 m). Die Komponenten dieser Brekzie erreichen bis 2 cm Größe und sind grünlich, weiß und vor allem gelb und schwarz angewittert. Große Tonschmitzen sind im Gestein verteilt. Muskovit erreicht bis zu 2 mm Größe.

In dichter brauner Kalzitgrundmasse liegen im Schliff viele Trümmer von Serizit-schiefen, ferner Kalke, Sandsteine, Quarzkörner und wenig Glaukonit. An Foraminiferen führt die Brekzie in der Grundmasse

Globotruncana lapparenti lapparenti BOLLI

Globotruncana lapparenti tricarinata (QUEREAU).

Neben dieser Brekzie fand sich unter den Blöcken auch ein glaukonitischer Kalksandstein, der in feinsandigen Kalk übergeht.

Der Dünnschliff zeigt als Grundmasse Kalzit, darin hauptsächlich Quarzkörner und Glaukonit. Von den Foraminiferen ließen sich folgende bestimmen:

Globotruncana sp. (aufgearbeitet)

Nummulites sp.

Globorotalia sp.

Keinesfalls dürfen sämtliche Blöcke als fremde, klastische oder gar «exotische» Einstreuung bezeichnet werden. Was man bei erster Betrachtung für Kieselkalkblöcke ansieht, stellt sich bei näherem Zusehen als Verdickungen einzelner Kalkbänklein heraus. Die «Blöcke» lassen sich oft großen Augen vergleichen, die im Mergel liegen und seitlich in ihm auskeilen oder sich nur als dünne Lagen bis zu einer nächsten Verdickung verfolgen lassen. Auch viele der eingelagerten Sandstein- und Brekzien-«Blöcke» können ihre Entstehung einer seitlich scharf begrenzten klastischen Sedimentation (zum Beispiel in Rinnen) verdanken. Der blockähnliche Habitus kann nachträglich durch die Diagenese und durch tektonische Verformung verstärkt worden sein.

Dieser Wildflysch ist tertiären Alters, seine tektonische Stellung ist unsicher. Sehr wahrscheinlich gehört er zur Schuppenzone und nicht zur Säntis-Decke, deren Tertiär in dieser Gegend anders ausgebildet ist (vgl. S. 19).

e) *Der Wildflysch im Bächlein an der Waldecke etwa 280 m südwestlich Punkt 1312,5 m (Sommerweid)*

In dem Bächlein stehen vom Waldrand an aufwärts zunächst Seewer Schiefer an. Diese werden durch eine Bruchfläche abgeschnitten, nach welcher etwa 10 m dunkelgraue, glänzende, verfaltete Schiefer folgen. In diesen Schiefen liegen Blöcke, welche im Durchschnitt Kopfgröße besitzen. Das Hangende bilden etwa 30 m schwärzliche Schiefer ohne Blöcke.

Ein braun anwitternder, dunkelgrauer, glimmerführender Kalksandsteinblock zeigt im Dünnschliff: Kalzit als körnelige Grundmasse und in größeren Kristallen als Kluftausfüllungen auftretend. Auf den feinen Klüften findet sich meist reichlich Schwefel-eisen. Daneben Quarzkörner und spärlich Glaukonit. Fossilien:

Lithothamnium sp., *Nummulites* sp., *Discocyclus* sp., ? *Actinocyclus* sp., *Globorotalia* sp., *Cypsinia* sp. und als seltenere Form

Halkyardia cf. *minima* LIEBUS,

welche bis jetzt in der Schweiz nur von wenigen Fundstellen beschrieben wurde (S. 15).

Dieser tertiäre Wildflysch gehört wahrscheinlich zur Schuppenzone.

ZUSAMMENFASSUNG

In der östlichen Wildhauser Mulde lassen sich nach dem Alter zwei Wildflyschbildungen unterscheiden:

1. eine oberkretazeische, mit den Amdener Schichten zusammenhängende;
2. eine tertiäre (? Priabonien).

Die oberkretazeischen Wildflyschvorkommen können tektonisch gut der Schuppenzone zugeteilt werden, so läßt sich zum Beispiel im Strickerntobel, Burstel- und Blutlosenbach Wildflysch im Zusammenhang mit den Amdener Schichten der Schuppenzone beobachten. Die restlichen isolierten, meist sicher tertiären Wildflyschvorkommen sind schwer zu beheimaten. Das Tertiär der Schuppenzone wird hauptsächlich von Fleckenmergeln, Globigerinenschiefern und Glaukonitkalken gebildet. In zusammenhängenden Profilen ließen sich darin nirgends Wildflyschbildungen

nachweisen. Für die Zuteilung des Wildflyschs kommen jedoch nur die Schuppenzone oder die Säntis-Decke in Frage, wenn man von der Bildung einer eigenen Wildflyscheinheit absieht. Der Kreideflysch und die Grabser Klippen enthalten keine Wildflyschbildungen.

D. SCHLUSSWORT ZUR STRATIGRAPHIE DER SCHUPPENZONE

Wie im Tertiär der Säntis-Decke, so zeigen sich auch in der Schichtfolge der Schuppenzone zwischen Norden und Süden Veränderungen.

Während im Norden (Bromegg, Nesselbach, Hohensax) die Schichtreihe vor allem aus Amdener Schichten, Wangschichten, Nummulitenkalken und Fleckenmergeln besteht, treten gegen Süden Abweichungen auf: die Amdener Schichten gehen stellenweise in Wildflyschfazies über. Die Wangschichten zeigen eine deutliche Grenze gegen die Amdener Schichten. Die tertiären Fleckenmergel fehlen im Gebiet des Grabserberges sozusagen völlig. Dafür finden sich dort graue Globigerinenschiefer und Glaukonitkalke.

Eine Verbindung einzelner Schuppen des Nordens mit Schuppen im Süden konnte nicht nachgewiesen werden und ist wohl auch nicht direkt vorhanden.

Ebenso ist es nicht möglich, einzelne Schuppen (zum Beispiel im Norden von der Bromegg zum Nesselbach) durchgehend im Streichen miteinander zu verbinden. Es wäre möglich, daß die Wangschichten des Sommerigkopfes mit denjenigen im Felsbach und bei Rafinen und Hohensax zusammengehören, beweisen läßt es sich nicht.

Die Stellung der oberkretazeischen Fleckenmergel im obersten Strickerntobel und einzelner Wildflyschvorkommen konnte nicht befriedigend abgeklärt werden.

Bei einem Vergleich der östlichen Wildhauser Mulde mit den Gebieten westlich Wildhaus fällt in bezug auf die Ausbildung der Schuppenzone vor allem das unvermittelte Einsetzen der Wangschichten gegen Osten auf. Noch im Betraienbach werden die Amdener Schichten direkt von den Nummulitenkalken überlagert, während wenig weiter nordöstlich am Sommerigkopf die Wang-

schichten schon in ziemlicher Mächtigkeit aus den Amdener Schichten hervorgehen. Ebenso finden sich Wangschichten im Strickertobel, während sie wenig weiter westlich im Blutlosenbach fehlen.

Gegen Nordosten (Nesselbach) und in der östlichen Verlängerung der Wildhauser-Mulde, in der Fraxern-Bizau-Mulde (vgl. Lit. 31), erreichen die Wangschichten ihre Hauptverbreitung. Dieses starke Vorspringen der Wang-Fazies gegen Nordosten scheint uns, in Übereinstimmung mit den Ansichten von F. ZIMMERMANN⁴³, auf einen die Faltenachsen schräg kreuzenden Verlauf der Isopen der Oberkreide zu deuten.

E. DIE TEKTONIK DER SCHUPPENZONE

(vgl. Tafel I und Tafel II)

Die Schuppenzone kann, wenn man alle Schuppen zusammen betrachtet, als eine Einheit angesehen werden, welche direkt die Säntis-Decke überlagert und im Hangenden vom Kreideflysch des Muldeninnern überschoben wird. Teile der Schuppenzone finden sich ferner bei Salen und Unter der Wies zwischen den Kreideflysch und die Grabser Klippen emporgeschuppt (vgl. Tafel II).

In den Profilen auf Tafel II ist die mit den beobachteten geologischen Verhältnissen am besten in Einklang stehende Ansicht dargestellt worden. Darnach paßt sich die Schuppenzone als Ganzes dem Verlauf der Säntis-Decke an und bildet infolge der Entwicklung des Kreideflyschs eine nach Norden überliegende Synklinale, ohne daß mit dieser Profildarstellung irgend etwas über die Verbindung von einzelnen Schuppen des Nordens mit einzelnen Schuppen des Südens ausgesagt sein soll.

Über die Detailtektonik kann nur wenig angeführt werden. Bruchbildung in den Wangschichten und im Tertiär läßt sich vor allem am Ostende des Schützgontens im kleinen Wäldchen unter Au beobachten, ferner im Wangkalk bei Rafinen und Hohensax und im Tertiär von Tiefenbrunnen.

Überschiebungen innerhalb ein und derselben Schuppe sind ebenfalls vor allem im Schützgonten und an der Bromegg auf Quote 1280 m zu beobachten. Aufschiebungsflächen und Verknüpfungen zwischen verschiedenen Schuppen finden sich in jedem Profil der Schuppenzone.

Eine eigenartige, in bezug auf ihre Entstehung nicht ganz geklärte Form hat die Überschiebungsfläche zwischen den Wangschichten und Amdener Schichten unter dem Wasserfall im Schützgonten (vgl. Tafel II und Fig. 3).

Die Amdener Schichten von Tiefenbrunnen lassen eine kleine, nordoststreichende Antiklinale erkennen.

Der tektonisch höhere Kreideflysch der östlichen Wildhauser Mulde ist teils sowohl auf verschieden alte Schichten verschiedener Schuppen als auch auf Schichten ein und derselben Schuppe überschoben und später noch unter einzelne Teile der Schuppenzone eingewickelt worden.

DER KREIDEFLYSCH

(Cenomanien – Unteres Turonien)

Im Kern der östlichen Wildhauser Mulde (vgl. Tafel 1) liegen Flyschmassen, welche vor allem aus Sandsteinen, Brekzien, sandigen Schiefern und kieseligen und siltigen Kalken aufgebaut werden. In ihrer lithologischen Ausbildung unterscheiden sie sich also stark von den Schichtserien der Säntis-Decke und der Schuppenzone. Zudem läßt sich an verschiedenen Stellen deutlich eine Überschiebung dieser Sandstein- und Kalkserie auf die Gesteine der Schuppenzone beobachten (vgl. zum Beispiel Fig. 3).

Auf Grund der paläontologischen Untersuchungen bezeichnen wir diese überschobenen Flyschmassen, ihrem Alter entsprechend, als den Cenomanien – Unter-Turonienflysch, kurz Kreideflysch. Er ist, sowohl stratigraphisch als auch tektonisch, scharf von der unterlagernden Schuppenzone zu trennen und bildet eine selbständige tektonische Einheit.

Schon früheren Beobachtern waren diese Sandsteinflyschmassen im Innern der östlichen Wildhauser Mulde aufgefallen. Eine kurze Übersicht über die Beobachtungen älterer Autoren findet sich in der Einleitung zu dieser Arbeit.

A. STRATIGRAPHIE

Der Kreideflysch kann unterteilt werden in

1. eine vorwiegend kalkig-kieselige Basis-Serie, welche übergeht in
2. eine hangende Sandsteinmasse.

Das Alter des Kreideflyschs wurde durch Funde von *Globotruncana* sp. bestimmt. Sowohl in der Basis-Serie als auch in der hangenden Sandsteinmasse treten

Globotruncana apenninica RENZ

Globotruncana stephani GANDOLFI

Globotruncana renzi GANDOLFI

relativ häufig auf. In der Basis-Serie wurde auch

Globotruncana alpina BOLLI

festgestellt. In wenigen Exemplaren stellt sich von der Grenze

zwischen der Basis-Serie und der hangenden Sandsteinmasse an aufwärts

Globotruncana lapparenti ssp.
ein.

Auf Grund der Untersuchungen von O. RENZ³³, R. GANDOLFI¹² und H. BOLLI⁴ über die stratigraphische Verbreitung von *Globotruncana* sp. gelangen wir zu folgender *Alterseinteilung* des Kreideflyschs (vgl. Fig. 4):

Die Basis-Serie entspricht dem obern Cenomanien, die hangende Sandsteinmasse ist zum untern Turonien zu stellen. Die Grenze zwischen Cenomanien und Turonien läßt sich innerhalb der Übergangsschichten von der Basis-Serie zum hangenden Sandstein nicht genau festlegen.

Ein zusammenhängendes Profil von den tiefsten Schichten der Basis-Serie bis in die hangende Sandsteinmasse kann nirgends beobachtet werden. Die Basis-Serie ist gegenüber dem etwas nach Norden vorgeschobenen Sandstein im Süden zurückgeblieben und meist stark in sich selbst und mit der unterlagernden Schuppenzone verschuppt. Nur im Gebiet des untern Simmitobels sind die höchsten Teile der Basis-Serie noch im Zusammenhang mit den hangenden Sandsteinmassen erhalten geblieben. Es wurde deshalb, um ein Bild von der Schichtfolge des Kreideflyschs zu erhalten, in Fig. 4 versucht, aus den zahlreichen einzelnen Aufschlüssen ein Sammelprofil zusammenzustellen.

Im folgenden werden die wichtigsten Gesteinstypen des Kreideflyschs kurz beschrieben. Einige Spezialprofile sollen das Gesamtbild am Schlusse ergänzen.

B. LITHOLOGIE

I. DIE KALKIG-KIESELIGE BASIS-SERIE

Sie zeigt im großen ein relativ einheitliches Gepräge. Bei genauerer Betrachtung erkennt man jedoch, daß die verschiedenartigsten Gesteine in ihr vertreten sind.

a) Kieselige und siltige Kalke

Die Basis-Serie wird zum größten Teil aus dunkeln, dichten, hell anwitternden, gut gebankten siltigen oder kieseligen Kalken auf-

gebaut. Die Bänke sind im Mittel etwa 10 bis 20 cm mächtig, doch beobachtet man auch oft (zum Beispiel an der Simmi, Quote 650 m) eine Wechsellagerung von nur wenige Zentimeter dicken, dichten Kalkbänklein mit Mergelschiefern, welche meist reich an sehr schönen Chondriten sind. Teilweise treten etwas mergelige Kalke auf. In einzelnen Bänklein finden sich ab und zu Anzeichen submariner Rutschungen (zum Beispiel Simmi, linkes Ufer, etwa Quote 700 m; Strickerntobel; hinter dem Wegerhaus an der Straße Wildhaus–Gams auf Quote 773 m).

Fossilien: In der dichten Grundmasse treten Orbulinarien oft in Massen auf, ferner Spongiennadeln und kleine, Nodosarien vergleichbare, Foraminiferen. In einem siltigen Kalk im Bache südlich Punkt 642 m (ob Gasenzen) und im Schwenditobel konnten auch

Globotruncana apenninica RENZ

Globotruncana renzi GANDOLFI

Globotruncana aff. alpina BOLLI

gefunden werden.

b) Sandige und tonige Schiefer

Es sind leicht sandige oder tonige, braune bis schwarze Schiefer, welche meist stark verfäلتet erscheinen. Im Anriß beim Wasserfall Schützgonten führen sie eine Mikrofauna, die auffallend kleine Formen enthält, vor allem Typen, die sich Nodosarien und Gumbelinen vergleichen lassen.

Sehr charakteristisch für den Kreideflysch sind dann vor allem sandig-brekziöse, glimmerreiche Mergelschiefer, die von grau-brauner bis tiefschwarzer Farbe sind und stets bis über 1 cm große, runde oder ovale, glänzende Tonschmitzen führen. Mit ihnen verknüpft können brekziöse Sandkalke auftreten.

Im Dünnschliff dieser, brekziösen Schiefer erkennt man in einer braun verfärbten, schiefrigen, kalzitischen Grundmasse hauptsächlich Quarzkörner, sowohl einzeln als in quarzitischen Geröllen. Sie sind meist stark undulös. Daneben finden sich Glaukonit und Kalzit, Feldspäte wurden nur selten beobachtet. Die fremden, aufgearbeiteten Sedimenttrümmer werden vor allem von Sandsteinen gebildet, einige brekziöse Sandkalke und Schiefer führen daneben häufig Radiolarien- und Calpionellenkalke.

Die Schiefer enthalten meist reichlich Globotruncanen, von denen sich folgende Formen bestimmen ließen:

Globotruncana apenninica RENZ

Globotruncana stephani GANDOLFI

Globotruncana renzi GANDOLFI

Globotruncana alpina BOLLI

c) *Die Glaukonitsandsteine und die Glimmersandsteine*

Untergeordnet erscheinen schon in der Basis-Serie Sandsteine. Einzelne Bänke derselben lassen sich im Handstück nicht von den Sandsteinen der hangenden Sandsteinmasse unterscheiden.

Daneben bemerkt man jedoch auch einen stark kalkigen, dunkelgrauen, glimmerführenden, etwas spätigen und zähen Glaukonitsandstein, der in den hangenden Sandsteinmassen kein Äquivalent besitzt.

In der braun verfärbten, körneligen Kalzitgrundmasse liegen große Quarzkörner und reichlich Glaukonit neben Glimmer und etwas Pyrit. Die Glaukonitsandsteine führen hauptsächlich

Globotruncana apenninica RENZ.

Auch eine hellgraue, feinkörnige Varietät dieser Glaukonitsandsteine wurde beobachtet. Sie gehört wohl bereits in das Turonien, denn die begleitenden Schiefer enthalten zweikielige Globotruncanen.

d) *Polygene Brekzien*

Diese sind das auffälligste Gestein der Basis-Serie. Sie sind grobkörnig und dunkel, führen Brocken von gelbem Kalk und lassen ihre polygene Zusammensetzung an verwitterten und frischen Bruchflächen deutlich erkennen.

Sie treten in der Basis-Serie in verschiedenen Niveaux auf, im gleichen Profil oft kurz aufeinanderfolgend. Sie sind gewöhnlich nicht mehr als 5 cm mächtig und gehen gegen oben sehr rasch in dichte, kieselige oder siltige Kalke über. Der Großteil der gefundenen Brekzien führt

Globotruncana apenninica RENZ,

daneben fanden sich vereinzelt noch Reste von Rotaliden. Häufig enthalten sie Bruchstücke von Inoceramenschalen.

Die bis 2 cm großen Komponenten der Brekzien setzen sich wie folgt zusammen:

Quarzkörner, teilweise undulös auslöschend,

Glaukonit,

Feldspatbruchstücke (Plagioklase),

wenig Pyrit,

Trümmer von Sedimentgesteinen: Kalke, Dolomite, Sandsteine.

Teilweise häufig sind Radiolarien- und Calpionellenkalke,

Trümmer von kristallinen Gesteinen: Feinschuppiger Serizit-Chlorit-Schiefer; granitische Körner aus Chlorit, Quarz und Muskovit; aus Quarz und Feldspat zusammengesetzte Körner.

Die von Kalzit erfüllten Klüftchen lassen deutlich eine mindestens zweimalige Durchklüftung des Gesteins erkennen.

II. DIE HANGENDE SANDSTEINERIE

Die über der Basis-Serie folgende Schichtreihe wird fast ausschließlich von Sandsteinen aufgebaut. Dazwischen treten Mergelschiefer und ganz untergeordnet auch Kalkbänke auf.

Die Sandsteine sind in ihrer typischen Ausbildung unverkennbar und bilden ein Leitgestein des Kreideflyschs. Als Erratiker wurden sie über weite Gebiete verstreut.

Bei genauerer Untersuchung sind diese Sandsteine lithologisch keineswegs so einheitlich ausgebildet, wie es bei flüchtiger Betrachtung erscheint. Den Hauptanteil bilden blaugraue, mittelkörnige Kalksandsteine, die stets sehr muskovitreich sind. Sie verwittern mit hell- bis dunkelbrauner Farbe und einer meist ziemlich dicken Verwitterungskruste. Auf den Schichtflächen zeigen sie, besonders bei etwas schiefriger Ausbildung, eine reiche Bestreuung mit kohligem Pflanzenhäcksel, bestimmbare Reste konnten darin nicht gefunden werden.

Oft lassen sich in den Sandsteinen Spuren der unruhigen Sedimentation erkennen. Die mit kohligten Resten bestreuten Schichtflächen sind uneben, bucklig. Die Mächtigkeit der Bänke ist starken Schwankungen unterworfen. Große Tongallen und -linsen sind in die Sandsteine eingebettet.

Im Dünnschliff beobachtet man:

Kalzit als Grundmasse. Quarz tritt sowohl in einzelnen Körnern als auch in kleinen Quarzitgeröllen mit Mosaikstruktur auf und zeigt zum überwiegenden Teil undulöse Auslöschung. Daneben findet sich sehr viel Muskovit in bis 1 mm großen Schuppen, ebenso etwas Pyrit. Seltener wurden Turmalin, Granat, Apatit und ? Zinnstein vermerkt, während Glaukonit in den typischen Sandsteinen fehlt. Daneben finden sich aufgearbeitete Stücke von dichten Kalken, siltigen Kalken und Radiolarienkalken. Kristallines Material ist hauptsächlich durch Chloritschiefer vertreten.

In den typischen hellbraunen und muskovitreichen Sandsteinen zeigen sich im allgemeinen wenig Foraminiferen, in den stärker kalkigen Varietäten sind sie jedoch nicht so selten, wie es bei anfänglicher Betrachtung der Fall zu sein scheint. Bestimmt werden konnten

Globotruncana apenninica RENZ

Globotruncana stephani GANDOLFI

Globotruncana lapparenti ssp.

Globotruncana aff. renzi GANDOLFI

Textularia sp., *Anomalina* sp.

Daneben sehr seltene Echinodermenbruchstücke. In den tonigen Partien beobachtet man ab und zu Fissurinen.

Unter den vom typischen braunen Glimmersandstein abweichenden Varietäten fällt vor allem ein grobkörniger, brekziöser Sandstein auf. Er führt bis fast 1 cm große Brocken von Kalk neben kleineren, meist glasklaren Quarzkörnern und etwas gelblichem Kalk.

Im Schutt wurde auch ein grau anwitternder, dunkler, sandig-spätiger Kalk gefunden. Er führt Bryozoen, wenige Foraminiferenreste, Brocken von Radiolarienkalk und Schalenreste von Lamellibranchiern. In der sandigen Grundmasse liegt viel rekristallisierter Kalzit und etwas Glaukonit. Das Gestein weicht stark ab von den typischen Flyschsandsteinen, dürfte aber trotzdem zur Sandsteinserie gehören.

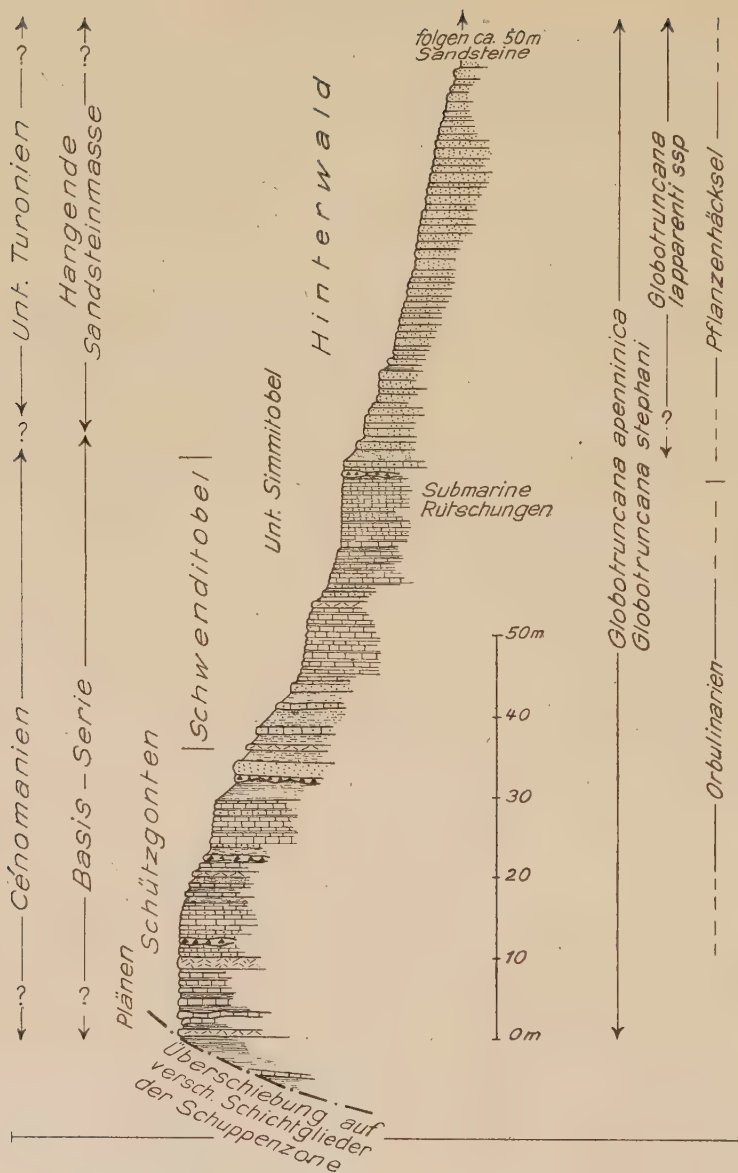
Die den Sandsteinen zwischengelagerten Schiefermergel können ganz verschieden ausgebildet sein:

- a) Der Sandstein kann in einer Bank gegen oben verschiefeln. Diese sandigen, feinkörnigen Schiefer führen meist viel Glimmer und Pflanzenhäcksel.
- b) Im Zusammenhang mit Tonlinsen finden sich eigentliche Tonschiefer von hellbrauner Farbe. Sie sind meist sehr dünnblättrig und zerfallen teilweise in durchscheinende, feine Plättchen.
- c) Untergeordnet treten im Zusammenhang mit kalkigen Bänken auch kalkige Schieferlagen auf.

Der *Kreideflysch bietet also ein lithologisch wechselvolles Bild*: es finden rasche Übergänge von dichtem Kieselkalk zu groben polygenen Brekzien, von Sandsteinen zu feinsten Tonschiefern statt.

Im Anschluß soll durch einige Spezialprofile unser lithologisches und stratigraphisches Gesamtbild des Kreideflyschs (siehe Fig. 4) begründet und ergänzt werden. Wir wählen dazu:

1. ein Profil aus der Basis-Serie (Schwenditobel);
2. zwei Profile aus der Übergangszone zwischen der Basis-Serie und der hangenden Sandsteinmasse (Simmitobel, Quote 620 m und Quote 710 m);
3. ein Profil aus der hangenden Sandsteinmasse (Hinterwald).



Legende

- | | | | |
|--|--------------------------|--|---|
| | Glimmerreiche Sandsteine | | Wechsellagerg. von siligen u. Kieseligen Kalken mit Ton- oder Mergelschieferlagen |
| | Polygene Breccien | | Glauconitführ. Sandsteine |
| | Sandige Mergelschiefer | | Mergelige u. kalkige Schiefer |

Fig. 4. Stratigraphisches Übersichtsprofil des Kreideflyschs.

C. SPEZIALPROFILE

I. BASIS-SERIE

Das Profil im Schwenditobel, zwischen Quote 940 m und 1060 m:

Dieses Profil enthält eine große Zahl verschiedener Gesteinstypen der Basis-Serie. Es darf jedoch nicht als ein Normalprofil betrachtet werden, da die Schichten mehrfach überschoben, verschuppt und verfaltet sind. Die in Tafel II gezeichnete Synklinale der Basis-Serie im Gebiete des Schwenditobels und Strickerntobels ist eine stark vereinfachte Darstellung, die nur schematischen Wert besitzt.

Vom kleinen Fußweglein Quote 940 m im Schwenditobel bachaufwärts gehend beobachtet man:

1. glimmerreiche, sandige, bräunlichgraue Schiefer mit Tonschmitzen, ohne Foraminiferen.

Lücke mit Schutt, dann 10 m oberhalb des Wegleins

2. 10 m steil südfallende, hellblaugraue, sehr dichte, stellenweise rostig anwitternde Kalke. Sie besitzen einen dicken gelben Verwitterungsrand. Sie sind gut gebankt und stellenweise in einzelne Blöcke zerklüftet. Beim Anschlagen zerspringen sie mit muscheligen Bruch, ohne Fossilien. – Etwa 10 m Schuttunterbrechung, darüber etwa auf Quote 950 m:

3. x + 5 m grau anwitternder, grauschwarzer, etwas glimmeriger Kalkschiefer.

4. dünne, kieselige Kalkbänke mit Mergelzwischenlagen. 3. und 4. fallen schwach nördlich. Weiter gegen oben biegen sie zur Steilstellung auf, und als Liegendes erscheint:

5. 40 cm mächtige Bank von sandigem Kalk, sehr kompakt und frisch, mit etwas Glimmer. Der Kalk wittert hellbraun an, ist innen dunkelgrau bis schwärzlich. Bis Quote 970 m folgen, durch kleinere Schuttunterbrüche voneinander getrennt, im Bachbett übereinander:

6. 2 m siltiger Kalk, hellgrau-grünlich anwitternd. Die Bänke sind stark verfaltet und zeigen Spuren von submarinen Rutschungen.

7. hellblaugraue Kalke wie 2.

Auf Quote 970 m beobachtet man am rechten Ufer:

8. x + 1 m brauner, sandiger Glimmerschiefer;

9. 1 m hellgrau anwitternder, brekziös-sandiger Schiefer mit Tonschmitzen (vgl. Lithologie, S. 44) und einer etwa 2 cm mächtigen Lage einer polygenen Brekzie.

Fossilien:

Globotruncana apenninica RENZ*Globotruncana renzi* GANDOLFI*Globotruncana aff. alpina* BOLLI

in der Brekzie ferner Bruchstücke von Inoceramenschalen.

Darüber:

10. Kalke wie 2. Diese lassen sich noch etwa 20 m bachaufwärts verfolgen.

Bis zum Weg Litenberg-Strickern (Quote 1010 m) liegt Schutt der Rheingletschermoräne. Oberhalb des Weges findet man in einem von rechts her einmündenden Seitengraben:

11. sandig-brekziöse, glimmerreiche, braungraue Schiefermergel mit Tonschmitzen (vgl. Lithologie, S. 44). Sehr fossilreich, mit

Globotruncana apenninica RENZ*Globotruncana aff. renzi* GANDOLFI usf.

Diese Schiefer stehen auch im Bachbett des Schwenditobelbaches an und werden dort konkordant überlagert durch:

12. dunkelgraue, etwas glimmerige, leicht rostig anwitternde, plattig-bankige, feinkörnige Kalksandsteine mit wenig Glaukonit und groben Kalzitadern.

Darüber:

13. 2 m Schiefermergel wie 1.;
 14. 4 m hellgrauer bis grünlicher Siltstein mit etwas Glimmer, wittert braunrot an und führt etwas Glaukonit;
 15. plattige, kalkige Schiefer mit Tonschmitzen und wenig Glimmer;
 16. hellgrauer, siltiger Kalk. – Bis Quote 1020 m liegt Schutt, dann folgt:
 17. violettschwarzer Schiefer, bräunlich anwitternd, feinsandig, mit etwas Glimmer; in sehr feinkörniger, schlieriger Grundmasse liegen größere Quarzkörner (bis 0,1 mm) und folgende Foraminiferen:

Globotruncana apenninica RENZ*Globotruncana aff. stephani* GANDOLFI.

Die Schiefer sind im Bache etwa 25 m weit aufgeschlossen. Nach einem Schuttunterbruch beobachtet man bei Quote 1048 m:

18. x + 8 m braunschwarze, glimmerreiche, feinsandige Kalkschiefer, welche auf den Schichtflächen rostig verfärbt sind. Sie führen stellenweise Tonschmitzen. Zwischengelagert treten

Kalkbänklein auf. Auf der Unterseite eines Kalkbänkchens findet sich hier wieder eine etwa 2 cm mächtige Lage einer polygenen Brekzie mit Inoceramenschalen (vgl. Lithologie, S. 45). Darüber (nicht sicher anstehend, etwas verrutscht):

19. weißlich bis gelbgrau anwitternde, hellgraue, feinsandige Schiefermergel. – Im Bachbett:
20. 50 m graue Mergelkalke und Mergelschiefer. Sie sind glimmerig, rostig angewittert, sehr feinsandig und sondern plattig-bankig ab. – Darüber folgt Schutt bis zum Sträßchen Quote 1070 m, worauf bei Quote 1090 m die Amdener Schichten der Schuppenzone einsetzen, welche hier infolge von Einwicklung den Kreideflysch überlagern.

Weitere gute Aufschlüsse der Basis-Serie finden sich:

- a) im Schwenditobel, von der Mündung in die Simmi bis Quote 870 m. (Der Kreideflysch ist hier stark mit tertiären Fleckenmergeln und Globigerinenschiefern der Schuppenzone verschuppt.)
- b) im Strickerntobel, von der Simmi bis zum Weg Quote 1045 m;
- c) im westlichen Teil des Anrisses ob Simmirain (vgl. Tafel III). Hier treten dreimal Lagen einer polygenen Brekzie sowie eine Glaukonitsandsteinbank mit *Globotruncana apenninica* RENZ auf:
- d) im Schützgoten und bei Plänen;
- e) im untern Gulentobel oberhalb Sax.

II. PROFILE DER ÜBERGANGSZONE VON DER BASIS-SERIE ZUR HANGENDEN SANDSTEINMASSE

a) Das Profil im Simmitobel, am Weglein auf Quote 620 m:

Gesteine des obern Teiles der Basis-Serie sind bei der Wegkurve auf Amdener Schichten der Schuppenzone überschoben. In einem kleinen Aufschlusse am Weg etwa 40 m oberhalb der Wegbiegung beobachtet man von unten nach oben:

1. etwa 1,5 m siltige und kieselige Kalkbänke mit einzelnen tonigen Mergelzwischenlagen. Darüber
2. etwa 30 cm kompakter, feinkörniger, grau anwitternder, hellgrauer, glaukonitischer Kalksandstein mit Glimmerschüppchen. Führt schlecht erhaltene Kleinforaminiferen und ? *Globotruncana* sp.

3. 10 bis 20 cm mächtige Schieferlage aus sandigen, glimmerreichen, violett-schwarzen, kalkigen Schiefern, mit bis 1 cm großen, glänzenden, schwarzen und bräunlich-grauen Tonschmitzen. Geht nach oben über in einen kompakten sandigen Kalk mit wenigen Tonschmitzen. Foraminiferen:

Globotruncana apenninica RENZ

Globotruncana stephani GANDOLFI

Globotruncana renzi GANDOLFI,

in den Schiefern auch *Globotruncana lapparenti* ssp.

Weiter aufwärts am Wege folgen darüber Sandsteine der hangenden Sandsteinmasse.

Ein ähnliches Profil läßt sich an der gleichen Stelle auf dem rechten Ufer der Simmi beobachten. Dort tritt auch eine polygene Brekzie mit Inoceramenschalen auf.

b) Der Aufschluß im Simmitobel, etwa auf Quote 710 m, oberhalb der Verbauungen:

Im untern Teil des Aufschlusses finden wir eine Wechsellagerung von bis 30 cm mächtigen, kieseligen und siltigen Kalkbänken mit Mergelschiefern. Dazwischen treten feinkörnige Sandsteine auf. Einzelne Bänke zeigen Anzeichen von submarinen Rutschungen. Gegen oben lagern sich Bänke des typischen braunen Glimmersandsteins der hangenden Sandsteinmasse ein. Diese nehmen an Zahl und Mächtigkeit rasch zu und gehen oberhalb des kleinen Fußwegleins nach wenigen Metern in die reine hangende Sandsteinserie über, deren Schutt in dieser Gegend die Hänge bis zur Straße Gams-Wildhaus hinauf bedeckt.

III. DIE HANGENDE SANDSTEINMASSE

Das Profil im Steinbruch NE Punkt 744.6 m am Sträßchen in den Hinterwald:

Von Westen nach Osten beobachtet man in dem Steinbruche bei verkehrter Lagerung:

1. 4 m dicke Bank von feinkörnigem, hellgrauem, muskovitführendem Sandstein, welcher schwärzlich bis braun und mit rostigen Flecken verwittert. Die Oberfläche ist mit kohligem Pflanzenhäcksel bestreut und leicht buckelig. Die Quarzkörner werden bis 1 mm groß. Scharfe Trennung gegen

2. 6 cm dünnblättrige, plattige, muskovitreiche, feinsandige Schiefer mit Pflanzenhäcksel. Rascher Übergang zu
3. 80 cm dicke Bank eines feinkörnigen, plattigen Sandsteins. Die Unterseite der Platten ist oft glänzend und gefältelt. Auf der Unterseite finden sich sehr feine Chondriten.
4. 40 cm plattige Mergelschiefer. Die bis zu 2 cm dicken Platten lassen sich zu sehr dünnen, gelblichbraun durchscheinenden Schieferstückchen aufblättern. Damit verknüpft treten auch sandige, glimmerreiche Schiefer auf.
5. 30 cm dicke Bank von dunkelblaugrauem, etwas quarzitischem, scharfkantigem Sandstein. Glimmer tritt stark zurück. Scharfe Grenze gegen
6. 30 cm dünnschiefrige Mergel mit feinen Chondriten. Sie gehen über in gröber sandige, glimmerreiche und stark mit Pflanzenhäcksel bestreute Schiefer mit Tongallen. Übergang zu
7. 10 bis 30 cm dicke Bank eines dichten, grauschwarzen, kieseligen Kalkes;
8. 40 cm Wechsellagerung von feinen Schiefen mit zwei etwa 10 cm dicken Bänken eines kieseligen Kalkes;
9. 60 cm Sandstein. Die Unterfläche weist eigenartige Knoten und Knollen auf, welche bis 0,5 cm groß werden. Scharfe Grenze gegen
10. 30 cm feinsandige Schiefer;
11. etwa 8 m Sandsteine und Schiefer, welche keine nennenswerten lithologischen Abweichungen von den vorgängig beschriebenen Gesteinstypen aufweisen.

In den stärker kalkigen Sandsteinen fanden sich in wenigen Exemplaren

Globotruncana apenninica RENZ

Globotruncana stephani GANDOLFI

Globotruncana lapparenti ssp.

D. DIE TEKTONIK DES KREIDEFLYSCHES

(vgl. Tafel I und Tafel II)

Der Kreideflysch muß auf Grund unserer Untersuchungen als selbständiger, über der Schuppenzone liegender Komplex betrachtet werden. Dies wurde schon in Lit. 11 festgehalten.

Die Überschiebung des Kreideflyschs auf verschiedene Schichtglieder der Schuppenzone kann bei Plänen, im Schützgonten und in der Gegend westlich Tiefenbrunnen, bei Litten und Unter der Wies beobachtet werden.

Die meist stark verschuppte Basis-Serie ist vor allem in den Bächen am Nordhang des Grabserbergs, im Gulentobel ob Sax sowie im Simmitobel gut aufgeschlossen. Die hangende Sandsteinmasse wurde etwas nach Norden vorgeschoben und ist hauptsächlich in der Gegend des Hinterwaldes vertreten. Der Zusammenhang zwischen der Basis-Serie und dem hangenden Sandstein läßt sich im untern Simmitobel jedoch noch feststellen. Die Sandsteinmasse scheint im Hinterwald als Ganzes eine Platte zu bilden, die aber stark verfaltet und zerbrochen ist. Die Basis-Serie ist am Nordhang des Grabserbergs so intensiv in sich selbst verfaltet und mit Gesteinen der Schuppenzone verschuppt, daß sich keine nähern Angaben über ihre Lagerung machen lassen. Die synklinale Umbiegung der Basis-Serie im Grabserberg, wie sie in den Profilen (Tafel II) dargestellt wird, ist deshalb nur als relativ unsichere Interpretation zu betrachten. Ein kleiner Keil von Gesteinen der Basis-Serie sticht bei Unter der Wies unter die Grabser Klippen und einen Teil der Schuppenzone ein. Die in den Profilen dargestellte Ansicht über die Lagerungsverhältnisse des Kreideflyschs scheint den heute bekannten Tatsachen am ehesten gerecht zu werden.

E. ZUR STELLUNG DES KREIDFLYSCHES IM GESAMTBAU DER ALPEN

In einer vorläufigen Mitteilung haben wir den Kreideflysch der östlichen Wildhauser Mulde der *Sigiswanger Decke* zugeteilt. Die Sandsteine im Innern der östlichen Wildhauser Mulde wurden schon von M. RICHTER³⁶ und P. MEESMANN den Oberzollbrücker Sandsteinen des Vorarlbergs verglichen, welche nach E. KRAUS²⁴ zum Cenomanien der Sigiswanger Decke gehören sollen. Auch im Vorarlberg überlagern diese Gesteine eine Schuppenzone mit Wangschichten. Es muß aber betont werden, daß die Sigiswanger Decke im Vorarlberg und in Liechtenstein noch keineswegs als ein in allen Teilen festumrissenes und definiertes Ganzes vor uns steht. Über ihren Verlauf in dem uns besonders interessierenden Gebiet

von Liechtenstein sind wir noch sehr spärlich orientiert. Ihre tektonische Zugehörigkeit wurde viel umstritten. M. BLUMENTHAL² und E. KRAUS²⁶ stellen die Sigiswanger Decke zum Ultrahelvetikum, M. RICHTER³⁸ und A. CUSTODIS⁶ in das Gebiet der unterostalpinen Decken (vgl. dazu Lit. 11).

Westlich von Wildhaus sind bis jetzt keine Äquivalente dieser Flyschmassen beobachtet worden. E. KRAUS²⁵ glaubte 1932 seine Sigiswanger Decke im Wäggital wieder vorzufinden, doch müssen wohl noch nähere Untersuchungen abgewartet werden.

Ein weiterer Vergleichspunkt liegt an der Fährnern. Am Fährnergipfel tritt über einer Schuppenzone mit Wangschichten und Fleckenmergeln eine lithologisch dem Kreideflysch der östlichen Wildhauser Mulde sehr ähnliche Serie auf (vgl. dazu auch ARN. HEIM¹⁸, L. ROLLIER³⁴, M. RICHTER³⁶, E. KRAUS²⁵, H. EUGSTER^{9 10} und M. FORRER¹¹). Der Gipfelflysch der Fährnern scheint aber etwas jünger zu sein als der Kreideflysch der Wildhauser Mulde. Während sich im Flysch des Fährnergipfels vor allem zweikielige, auf turones Alter deutende, Globotruncanen finden, wurden im Kreideflysch der Wildhauser Mulde hauptsächlich einkielige, zu *Globotruncana apenninica* gehörige Formen beobachtet. Es muß daher späteren Untersuchungen vorbehalten bleiben, die Beziehungen zwischen diesen zwei in bezug auf die lithologische Ausbildung und tektonische Stellung (als Hangendes einer Schuppenzone) sehr ähnlichen Serien abzuklären.

DIE GRABSER KLIPPEN

A. EINLEITUNG

Als höchste tektonische Einheit tritt im Untersuchungsgebiete die Grabser Klippe auf (siehe Tafel I, II und III).

Sie wurde von ARN. ESCHER VON DER LINTH im Jahre 1855 entdeckt (in C. MOESCH, Lit. 32). Er traf am Berglitenstein (Punkt 983 m auf Tafel III) statt der erwarteten Nummulitenkalke einen Kalkstein, dessen Versteinerungen auf jurassisches Alter deuteten. Er zeichnete ein Profil des Westendes des Berglitensteins und betrachtete ihn als einen mächtigen exotischen Block, welcher dem unterlagernden Flysch entstammen sollte.

Dieser Deutung des Berglitensteins schloß sich 1863 J. BACHMANN¹ an. Bei ihm findet sich eine Beschreibung verschiedener, von ARN. ESCHER aus dem Berglitenstein gesammelter Petrefakten, welche leider zum großen Teil nur in sehr schlechtem Zustande gewonnen werden konnten. Nach ihnen gehört der Kalk zum Tithon.

C. MOESCH³² brachte 1881 den Berglitenstein und ein zweites, von ihm neu entdecktes, kleineres Tithonriff mit den Kalken vom Tschuggen und Gonzen im Alviergebiet in Verbindung. Er nahm an, daß der Berglitenstein aus der Tiefe durch die Flyschschichten hindurch emporgepreßt worden sei. Das reiche Fossilmaterial, welches er unter Beihilfe eines Arbeiters aufsammlte, spricht für unteres Tithon. Die Fossilien stammen aus einem Horizont, den weder ARN. HEIM¹⁶ noch wir wieder auffinden konnten.

Nach C. MOESCH hat sich vor allem noch A. ROTHPLETZ über die Grabser Klippen geäußert (vgl. Lit 35, S. 53/55 und 221). Er beschreibt einige Fossilien, welche für Tithon sprechen. Er war der Ansicht, daß der Berglitenstein der Rest einer größern Decke sei und durch seine sogenannte «Alvierüberschiebung» an Ort und Stelle gebracht wurde. Mit dieser Ansicht und andern Beobachtungen A. ROTHPLETZS' hat sich schon ARN. HEIM¹⁶ eingehend auseinandergesetzt.

1901 gibt TH. LORENZ³⁰ als Fundort von *Calpionella alpina* LOR. auch den Aptychenkalk des Berglitensteins an.

ARN. HEIM¹⁶ ist der erste, der die Grabser Klippen etwas detaillierter untersuchte und kartierte⁴⁵. Er erkannte, daß sie eine größere Ausdehnung besitzen, als früher bekannt war.

Ein Vergleich von Tafel III mit der Alvierkarte von ARN. HEIM⁴⁵ zeigt, daß wir durch unsere Untersuchungen erneut zu etwas abweichenden Ansichten über die Ausdehnung der Grabser Klippen gekommen sind. So halten wir den Zug von Klippengesteinen, den ARN. HEIM in der Gegend von Egg in Südwest-Nordost-Richtung einzeichnet, nur zum kleinsten Teil für anstehend. Ferner muß das auf der Alvierkarte mit -ew- als Wildflysch bezeichnete Schiefervorkommen bei Mammet zum Malm der Grabser Klippen gestellt werden. In der Gegend von Rappenloch (auch Franzosenloch) sowie östlich von Sonnenberg ergaben sich weitere Korrekturen.

ARN. HEIM hat das Verdienst, die Stratigraphie der Grabser Klippen in den großen Zügen erkannt zu haben. Er entdeckte vor allem die große Verbreitung der Couches rouges in den Klippen. Auf der Karte unterschied er ferner neben dem schon früher bekannten obern Malm noch eine Serie schwarzer Glimmertonschiefer, welche seines Erachtens das Oxfordien repräsentieren könnten. Als Neokomien kartierte er Fleckenkalke und Fleckenmergel. Er war jedoch nicht ganz sicher, ob diese neuen Schichtstufen überall unterschieden werden konnten. So schreibt er im Text¹⁶: «Ich habe ebenso eine ganze Reihe von genauen Profilen mit einer großen Mannigfaltigkeit von Gesteinen gezeichnet, die aber hier nicht wiedergegeben werden sollen, weil mir das stratigraphische Niveau der einzelnen Horizonte noch nicht überall klar geworden ist.» Und an einer andern Stelle: «Auch die Couches rouges und Neokom, wenn überhaupt vorhanden, sind sehr wenig mächtig . . .»

1916 beschrieb D. TRÜMPY⁴² ein kleines Profil, bestimmte aus den Fleckenkalken *Aptychus seranonis*, *Aptychus didayi* und *Belemnites ? bicanaliculatus* und wies damit das Neocomien in den Grabser Klippen zum erstenmal mit Sicherheit nach. Über die Zuteilung der Grabser Klippen zum Faziesgebiet der Falknis-Decke besteht für ihn kein Zweifel. Sie sollen aber tektonisch tiefer als die eigentliche Falknis-Decke liegen. Er macht des weiteren auf den sehr raschen lateralen lithologischen Wechsel innerhalb einzelner Bänke des Malms aufmerksam.

1926 hat H. P. CORNELIUS⁷ im Zusammenhang mit seiner Untersuchung der Balderschwanger Klippen im Allgäu auch den Grabserberg besucht. Der Malm und die Unterkreide der Grabser Klippen sollen den entsprechenden Stufen der Balderschwanger Klippen auffallend ähnlich sein. Ein Zweifel an diesem Vergleich ist aber wohl erlaubt, da er im Wegeinschnitt zwischen Lee und Leversgaß (vgl. Fig. 7) seewerkalkähnliche, etwas fleckige Kalke des Turoniens als typischen (Neocomien-) Fleckenkalk bezeichnet. Er weist des wei-

tern darauf hin, daß die von ARN. HEIM als fragliches Oxford-Argovien bezeichneten Schiefer des Wüestitobels (= Leebach der Alvierkarte, Lit. 45) den wirklichen Oxfordienschiefern des Falknisgebietes nur sehr mangelhaft entsprechen. Die von ihm als Gault betrachteten Glaukonitsandsteine («Feuerstätter Sandsteine») der Grabser Klippen gehören unseres Erachtens zum Malm. Als Schlußfolgerung gelangt er zur Ansicht, daß die Balderschwanger und Krabser Klippen gemeinsam zur sogenannten «Feuerstätter Decke» und nicht zur Falknis-Decke zu stellen seien.

Von verschiedenen Autoren wurde in den folgenden Jahren die tektonische Stellung der Grabser Klippen auf Grund der ältern Untersuchungen diskutiert. Eine kurze Zusammenfassung der verschiedenen Ansichten wird S. 81 ff. gegeben.

B. STRATIGRAPHIE

In den Grabser Klippen können folgende Schichtstufen unterschieden werden:

- I. *Malm*
- II. *Neocomien*
- III. *Couches rouges* (Oberkreide bis Tertiär)

I. DER MALM (vgl. Fig. 5 sowie Tafel III)

Der Malm ist das am weitesten verbreitete und am stärksten differenzierte Schichtglied der Grabser Klippen. Er bildet als stark zerbrochene und teilweise verschuppte Platte ihr Rückgrat. Seine hauptsächlich klastischen Sedimente bilden den kleinen, gegen Nordwesten gerichteten Felsabsturz zwischen Rohrbühel und Brand. Aus ihm ist auch der Berglitenstein zum größten Teil aufgebaut. Dieser auffällige Malmklotz der sonst eher versteckten Grabser Klippen war lange Zeit das einzige bekannte Klippengestein des Grabserbergs.

Mancherlei Schwierigkeiten stellen sich der Klärung der Schichtfolge innerhalb des Malms in den Weg. Nirgends läßt sich ein zusammenhängendes Profil von den tiefsten Malmhorizonten bis ins Neocomien lückenlos verfolgen. Gut unterscheidbare Leithorizonte, welche eine genauere Parallelisation der einzelnen Aufschlüsse er-

lauben würden, lassen sich nicht finden. Zudem treten auf kurze Distanz beobachtbare, seitliche Wechsel in der lithologischen Ausbildung der Schichten auf, wie schon D. TRÜMPY⁴², S. 153, feststellte. Diese können aus leicht sandigem Kalk zu Glaukonitsandsteinen, aus grobem Konglomerat zu feinen Brekzien, aus dichtem Kalk zu Sandstein führen.

Bei dem Versuch, das Sammelprofil Fig. 5 zusammenzustellen, handelte es sich folglich darum, ganze Schichtgruppen unter Rücksichtnahme auf laterale lithologische Variationen in ihrem Gesamthabitus zu vergleichen und so wenigstens in den großen Zügen zu einer Übersicht über die Malmstratigraphie zu kommen. Wo genau parallelisiert werden konnte, wie zum Beispiel an der durch eine deutliche Transgression gut charakterisierten Malm-Neocomien-grenze, wurde dies selbstverständlich getan.

Im Malm können ein fragliches Oxfordien-Argovien, der mittlere Malm und das Tithon unterschieden werden.

a) ? Oxfordien-Argovien

Im Wüstitobel (= Leebach der Alvierkarte, Lit. 45) entdeckte ARN. HEIM¹⁶ schwarze Glimmertonschiefer, welche D. TRÜMPY⁴² als vermutliches Oxfordien bezeichnete. Fossilien waren daraus nicht bekannt.

Über die Verbreitung dieser Schichten orientiert Tafel III. In typischer Ausbildung finden sie sich nur im Wüstitobel.

Es handelt sich um tiefschwarze, abfärbende, feinsandige und dünn geschichtete, relativ kalkige Schiefer. Die leicht unebenen Schichtflächen sind mit feinen Glimmerschüppchen bestreut. In einzelnen Lagen ist der Glimmer etwas angereichert. Die Verwitterungsfarbe ist schwarz, neigt jedoch stellenweise zu einem helleren Braun. Die Schiefer spalten in Tafeln mit leicht glänzender Oberfläche. Sie scheinen fossilieer zu sein. Auch ein Dünnschliff zeigte nur fragliche Echinodermerreste.

Mit diesen schwarzen Schiefen verbunden, treten sandig-glimmerige, braun anwitternde Schiefer und dunkelgraue, braun verwitternde Kalksandsteine auf (vgl. ihre nähere Beschreibung S. 61). Diese Gesteine werden in andern Aufschlüssen in Wechsel-lagerung mit Schichten des mittlern Malms gefunden. Ihre Verknüpfung mit den schwarzen Glimmertonschiefern deutet daher darauf hin, daß die letzteren auch zum Malm gehören. Nach den

Angaben von D. TRÜMPY⁴² und den oben angeführten Beobachtungen stellen wir die schwarzen Glimmertonschiefer zum untern Malm, zum Oxfordien-Argovien.

b) Der mittlere Malm

Ablagerungen, welche wir dem mittleren Malm zuteilen können, finden sich am besten aufgeschlossen in dem kleinen felsigen Abriß, der NNE Punkt 1056.57 m einsetzt und sich gegen Nordosten verfolgen läßt bis nördlich des Hauses Guscha (vgl. Tafel III). Eine von uns in den oberen Teil des mittleren Malms gestellte Schichtfolge tritt ferner, wohl in Verband mit unterm Tithon, in dem kleinen Wäldchen nordöstlich Werden bei Punkt 910.46 m auf.

Ein paläontologischer Beweis für die Zuteilung der genannten Schichten zum mittleren Malm konnte nicht erbracht werden. Die Zuweisung geschah aus folgenden Gründen:

1. Die betreffenden Schichten liegen in den Profilen nordöstlich Werden und oberhalb Guscha stets unter den Ablagerungen, welche sicher dem Tithon zugewiesen werden können.
2. Die oben angeführten Schichten lassen sich gut mit den Ablagerungen des mittleren Malms der Falknis-Decke vergleichen, nicht aber mit tieferen Malmhorizonten oder mit dem Tithon. Dieser Vergleich stützt sich auf die eingehende Beschreibung der Stratigraphie der Falknis-Decke durch D. TRÜMPY⁴². Auf Einzelheiten wird bei der Detailbesprechung eingegangen.

Lithologie:

Der mittlere Malm zeigt eine vorwiegend klastische Ausbildung und umfaßt eine große Zahl der verschiedenartigsten Gesteine. Im folgenden werden die wichtigsten Gesteinstypen gesondert besprochen. Ihre mutmaßliche Verteilung im mittleren Malm ist aus Fig. 5 ersichtlich. Wir besprechen der Reihe nach:

1. Glimmersandsteine und sandige Glimmerschiefer
2. Quarzsandsteine
3. Kalke
4. Übergangstypen von reinem Quarzsandstein zu reinen Kalen; «Pseudobrekzien»
5. Konglomerate und Brekzien.

1. *Glimmersandsteine und sandige Glimmerschiefer:*

Der Glimmersandstein ist ein grauer, rostig anwitternder, feinkörniger Kalksandstein mit großen Muskovitschuppen. Oft enthält er kleine Tonschmitzen und tritt meist in 10 bis 20 cm dicken, etwas schiefrigen Bänken auf.

Im Schliff zeigt der Sandstein in kalzitischer Grundmasse vor allem Quarzkörner und Glimmerschuppen. Die Quarzkörner sind im Mittel 0,2 mm groß, erreichen jedoch auch 0,7 mm und sind rund bis eckig. Der Großteil der Körner löscht stark undulös aus. Daneben treten kleine Bruchstücke von stark verzahnten Quarziten (stets undulös) auf. Die Glimmerschuppen sind oft von einem neugebildeten Kalzitrand umgeben. Feldspäte (Plagioklase) sind nur in kleiner Anzahl vertreten. Auch Chlorit wurde beobachtet. An Fossilien treten vor allem Echinodermenreste auf, ferner *Spirillina* sp.

Die Sandsteine können in hellbräunlichgraue, feinsandige, muskovitreiche, mürbe *Schiefer* übergehen, welche leicht zu Glimmersand verwittern. Wo sie in größerer Mächtigkeit vorkommen, geben sie zu Rutschungen im Gelände Anlaß. Meist treten sie aber als Einlagerungen zwischen Sandsteinen und als Grundmasse der groben Konglomerate auf.

Dünnschliffe durch die Schiefer zeigen folgendes Bild: Kalzit als körnige Grundmasse. Quarz in gut gerundeten und eckigen Körnern, die Korngröße selten über 0,3 mm. Glimmer (Muskovit) häufig, bis zu 1 mm lang. Foraminiferen: *Ophthalmidium* sp., *Nodosaria* sp.

Vorkommen: Die sandigen Glimmerschiefer und die Glimmersandsteine sind im Gebiet der Grabser Klippen weit verbreitet. So finden sich im mittleren Malm (und weniger häufig auch im ? Oxfordien und Tithon immer wieder Einlagerungen dieser Gesteine (ob Finkenegg, ferner nordöstlich Werden). In größerer Mächtigkeit treten sie relativ selbständig auf, zum Beispiel südlich der Straße bei Brand, im Anriß nördlich des Berglitensteins, am Rücken westlich über Winnewies und im Wäldchen bei Mammet (südlich Schießbühel), wo sie von ARN. HEIM⁴⁵ als eozäner Wildflysch bezeichnet wurden.

2. *Die Quarzsandsteine:*

Die Quarzsandsteine sind ein auffallendes und leicht erkennbares Schichtglied der Grabser Klippen.

Der reine Quarzsandstein ist ein massiges, wenig gebanktes Gestein, welches hellgrau bis bräunlich anwittert. Es ist ein kompakter, schwer verwitternder Sandstein, der etwa 40 % Quarz und 50 % Kalzit enthält. Es wurden bis 2 cm große Quarzkörner beobachtet.

Diese sind oft milchig getrübt, während die kleineren Quarzkörner im allgemeinen glasklar sind. Auf Klüften und Oberflächen bildeten sich oft schöne, große Kalzitausscheidungen, welche ab und zu eine kohlige Substanz mit einschließen, doch tritt jene auch selbständig in kleinen Klüftchen auf. An einzelnen Stellen fanden sich, hauptsächlich wo der Quarzsandstein sich zur Pseudobrekzie entwickelt, im Sandsteine Seeigelstacheln. Im Handstück sehen die Sandsteine auf frischem Bruch hellgrau und oft fettig glänzend aus.

Dünnschliffe durch den reinen Quarzsandstein zeigen als größere Komponenten:

1. Quarz, Korngröße meist bis zu 3 mm, als gut gerundete und eckige, meist stark zerbrochene Körner. Nur in einem Schliff fanden sich deutlich undulös auslöschende Körner. Dagegen treten kleinere Quarzitgerölle mit verzahnten, undulös auslöschenden Quarzkörnern auf. Daneben beobachtet man auch Quarzitgerölle mit schöner Mosaikstruktur (? Trias). Einzelne Quarzkörner besitzen ab und zu kieselige Anwachsstreifen.
2. Kalzit, in größeren, stark verzwilligten Exemplaren und als Grundmasse.
3. Neben Quarz und Kalzit treten in größerer Menge noch auf:
Muskovit, sowohl als einzelne Schuppen als auch in quarzitischen Geröllen;
Feldspäte (Plagioklase), meist stark sauer, mit schöner Zonarstruktur;
Chlorit ist selten, Glaukonit und fremde Gesteinstrümmer scheinen, mit Ausnahme der erwähnten Quarzitgerölle, zu fehlen.

Als Grundmasse tritt kristallinischer, klarer oder mehr körneliger, oft von Eisenoxyd etwas verfärbter Kalzit auf. Die einzelnen Komponenten sind meist ganz vom Kalzit der Grundmasse umgeben und berühren sich nicht direkt. Das Eisenoxyd ist oft am Rande der Körner angereichert. Ferner können umkrustete Organismenreste auftreten, und die Quarzsandsteine erhalten dann einen onkoidischen Charakter. An Organismen fanden sich Echinodermen- und Bryozoenreste, ferner undeutliche Foraminiferen.

Kein anderes Schichtglied der Grabser Klippen zeigt eine so große Variabilität in der lithologischen Ausbildung sowohl in vertikaler wie lateraler Richtung. Vor allem finden sich Übergänge zu sogenannten «Pseudobrekzien» (vgl. S. 64) und zu reinen dichten Kalken. Daneben treten auch echte Brekzien mit den Quarzsandsteinen verknüpft auf, ebenso spätige Echinodermenbrekzien und glaukonitische Sandsteine.

Auf die Verschiedenheit der Malmquarzsandsteine von den Gesteinen der helvetischen Schichtreihe hat schon ARN. HEIM¹⁶ hingewiesen. A. ROTHPLETZ³⁵ glaubte für die Entstehung der Quarzsandsteine ein nahes Festland postulieren zu müssen (vgl. S. 80). Auf Grund unrichtiger Vorstellungen über die Herkunft der Grabser Klippen (Alvierüberschiebung) war er der Ansicht, dieses Festland habe dem vindelizischen Rücken angehört.

Vorkommen: Reine Quarzsandsteine treten in den Grabser Klippen vor allem in den Anrissen nordwestlich des Rückens von Guscha zu Punkt 1056.57 m auf. Sie finden sich ferner im kleinen Wäldchen nordöstlich Werden und am Rücken, welcher von Winnewies zur Straßenkurve nördlich Hönegg heraufzieht. Häufig trifft man den Quarzsandstein als Erratiker.

3. *Reine, dichte Kalke:*

Massige, reine Kalkbänke treten im mittleren Malm gegenüber den klastischen Sedimenten zurück.

Es lassen sich makroskopisch hauptsächlich zwei Typen reiner Kalke unterscheiden, die jedoch durch Übergänge miteinander verbunden sind:

1. ein dichter, manchmal etwas kristallinischer, spätiger Kalk. Er ist dunkelgrau bis hellgrau und wittert bräunlichweiß an. Im frischen Bruch zeigt er schwärzliche Punkte und undeutliche Organismenreste. Der Bruch ist kantig, das Gestein relativ zäh. Häufig beobachtet man in diesen Kalken, als schmale Adern und bis 1 cm große «Einsprenglinge» hellgrünliche Kalziteinschlüsse. Die chemische Untersuchung verneinte sowohl einen Ni- als auch einen Cu-Gehalt dieser grünen Einschlüsse. Stellenweise ist dieser Kalk sehr fossilreich und führt viele Abdrücke von Ammoniten (*Perisphincten*), *Belemniten* und *Seeigelstacheln*.

2. ein ebenfalls dichter, hellgrau bis weißlich anwitternder Kalk, in einzelnen Bänken selten etwas kristallinisch. Auf frischem Bruch sehen die Kalke hellgrau bis hellgelblich aus und gleichen stark dem helvetischen Seewerkalk. Schon von bloßem Auge kann man auf der Bruchfläche dunkle Punkte, ferner Foraminiferen, Schalenreste und unregelmäßige, aber scharf begrenzte Ringe und Formen erkennen. Häufig durchziehen stylolithische Tonhäute das Gestein. Die oft in großer Menge vorhandenen Ammoniten, Aptychen, *Belemniten* und *Seeigelstacheln* sind meist schlecht erhalten. Solche helle, seewerkalkähnliche Bänke treten untergeordnet schon im mittleren Malm auf, erreichen ihre größte Entwicklung jedoch erst im Tithon.

Im *Dünnschliff* zeigen die Kalke 1 und 2 das gleiche Bild. In der dichten Kalkgrundmasse beobachtet man viele Spongienreste, Schalen von Ammoniten, Gastropoden und Inoceramen, ferner Crinoidenstielglieder, stellenweise auch viele Ostracoden. An Foraminiferen treten auf:

Spirillina sp.

Robulus sp.

? *Marginulina* sp.

Vereinzelt wurden auch Trocholinen beobachtet, ferner einige krustenbildende Foraminiferen, die den Nubecularien zugewiesen werden könnten.

Einzelne Vorkommen enthalten Einstreuungen von Quarzkörnern, meist mit undeutlicher werdendem Rand in der Grundmasse liegend und undulös auslöschend, daneben einzelne Feldspäte (Plagioklase). Fremde Gesteinstrümmen sind vertreten durch kleine Gerölle von Quarziten und feinkörnigen Sandsteinen. Klastische Einstreuungen, wie die oben angeführten, finden sich in beiden Kalktypen.

Vorkommen: Die dichten Kalke (1. und 2.) sind im Gebiet der Grabser Klippen weit verbreitet; eine Angabe spezieller Lokalitäten erübrigt sich daher.

Untergeordnet treten, vor allem in den Anrissen nordöstlich Punkt 1056.57 m, noch glimmerführende, fleckige und knollige Kalke auf. In zwei verschiedenen Niveaux des mittleren Malms findet sich ein etwa 5 m mächtiges Schichtpaket von im Durchschnitt 10 bis 15 cm, maximal 50 cm mächtigen Lagen eines dunkelgrauen, dichten, mergeligen Kalkschiefers, wechsellagernd mit ebenso mächtigen, dunkelgrauen kieseligen oder mergeligen, fleckigen Kalken. An der Basis sind die Bänke meist etwas linsig oder knollig ausgebildet, gegen oben wird die Bankung undeutlicher.

Ein Dünnschliff durch eine Kalkbank zeigt: dichte, kalkige Grundmasse mit von Eisenerz verfärbten Schlieren, wenige Glimmerschüppchen, Schwammnadeln und eine *Textularia* sp.

Seltener kommen im mittleren Malm auch feinsandige, glimmerige und spätige Kalkbänke vor.

4. Übergangstypen von reinem Kalk zu Quarzsandsteinen «Pseudobrekzien»:

Meist treten die dichten Kalke (c) zusammen mit den Quarzsandsteinen (b) auf. Dabei läßt sich an einigen Stellen (zum Beispiel im Anriß nordöstlich Punkt 1056.57 m) gut der gegenseitige Übergang sowohl in vertikaler als auch horizontaler Richtung beobachten. Der Übergang von dichtem Kalk zu Quarzsandstein erfolgt durch Einlagerung von im Mittel 1 bis 2 mm großen, meist glasklaren, gerundeten oder eckigen Quarzkörnern. Daneben treten vereinzelt, bis 0,5 cm große, meist milchig getrübe Quarzkörner auf. Die Körner schwimmen zunächst verteilt in der Grundmasse des dichten Kalkes, zusammen mit wenigen Echinodermenresten. Gegen oben, stellenweise auch seitlich, nehmen sie an Zahl rasch zu, so daß ein eigentlicher, grober, kalkiger Quarzsandstein mit

Echinodermentrümmern entsteht. Dieser Übergang von reinem Kalk zu Quarzsandstein kann sich auf eine Distanz von 3 m vollziehen.

An solchen Übergängen beobachtet man häufig die *Pseudobrekzie*. Es ist dies ein Gestein, bei dem in reinem Kalk netzartig Quarzsandschlieren liegen. Das Gestein erhält dadurch, vor allem auf der verwitterten Fläche, einen grob brekziösen Charakter. Es scheint, als ob große Kalkbrocken in einem sandigen Zement liegen würden, die einzelnen «Kalkgerölle» stehen jedoch im Raume miteinander in Verbindung. D. TRÜMPY⁴² beobachtete im Falnis-Malm analoge Bildungen und bezeichnete sie, wie schon vorher ARN. HEIM¹⁶, als Pseudobrekzien. Diesen Namen wollen auch wir übernehmen, obwohl er von anderen Autoren (zum Beispiel 40) in abweichendem Sinne verwendet wird.

Sowohl im Kalk als auch in den Quarzsandschlieren finden sich Seeigelstacheln, im Kalk zudem Belemniten und Zweischalerreste.

Aus der Vergesellschaftung der reinen Kalke mit den Quarzsandsteinen können je nach dem Vorwiegen der klastischen, chemischen oder zoogenen Sedimentation mannigfaltige Gesteinstypen entstehen.

Vorkommen: Die Pseudobrekzien sind, sei es anstehend, sei es in Blöcken, in den Grabser Klippen so oft anzutreffen, daß sich besondere Fundortsangaben erübrigen.

5. Konglomerate und Brekzien:

Konglomeratlagen treten im mittleren Malm in verschiedenen Niveaux auf. Ihre Mächtigkeit ist raschen seitlichen Wechseln unterworfen. Sie erreicht stellenweise über 6 m (zum Beispiel südlich des Wegleins, welches nördlich Guscha in den Wald führt, Koordinaten 749337/228050).

Die Größe der Komponenten ist verschieden. Nuß-, faust- bis kopfgroße Gerölle bilden die Regel, doch treten gelegentlich auch Blöcke bis zu 2:2:1 m Größe auf. Die kleineren Gerölle sind meist gut gerundet, die großen nur an den Kanten abgestoßen. Oft sind sie tektonisch zerschert und gequetscht. Die Gerölle sind nicht nach der Größe sortiert. Das Bindemittel, ein sandiger Schiefer, ist wenig verfestigt und wittert leicht heraus, so daß oft mehr ein loses Haufwerk von Blöcken als ein kompaktes Konglomerat vorliegt. Alle diese Merkmale deuten darauf hin, daß es sich um ein Küsten- oder Brandungskonglomerat handelt.

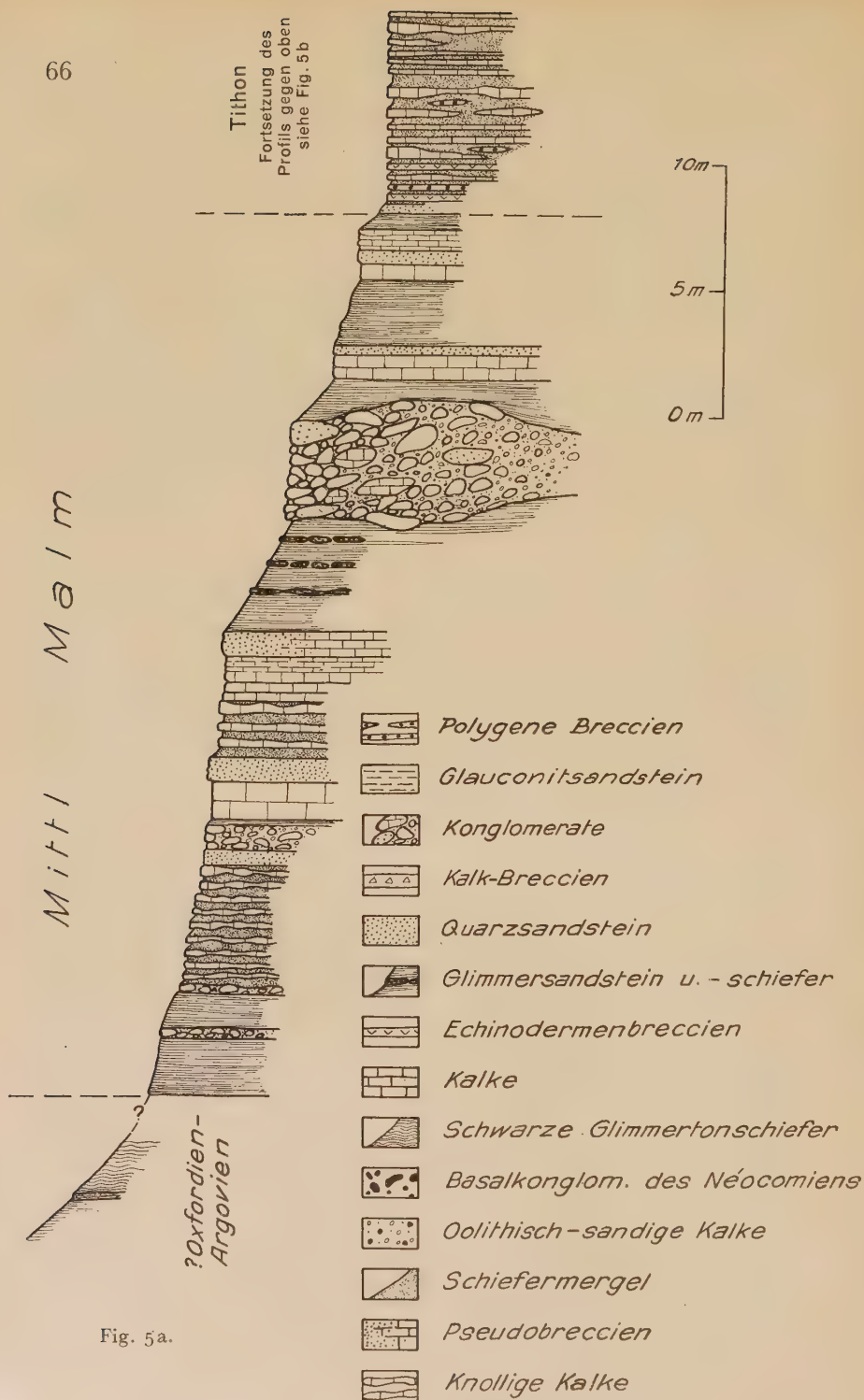


Fig. 5a.

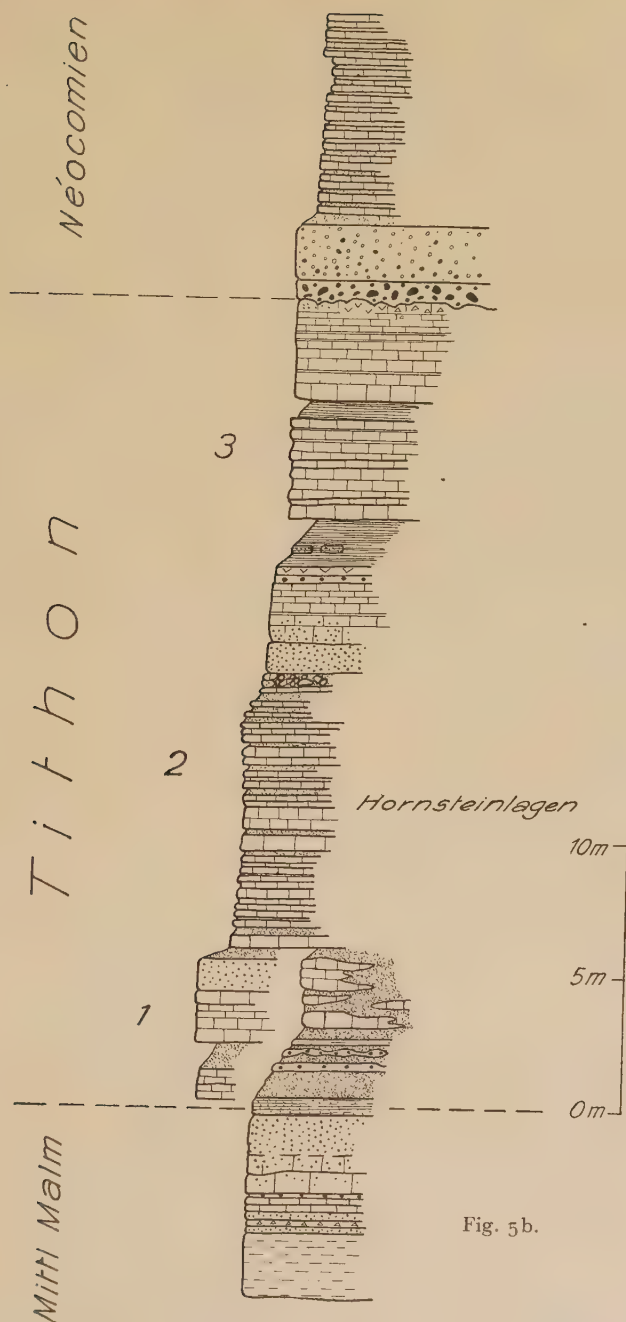


Fig. 5b.

Fig. 5a und 5b. Sammelprofil des Malms und des Néocomiens der Grabser Klippe.

Unter den Geröllen überwiegt sedimentäres Material bei weitem. Es wird vor allem von Malmgesteinen gebildet: Sandkalke, seewerkalkähnliche Kalke, Quarzsandsteine, Brekzien, Pseudobrekzien und Glimmersandsteine.

Stellenweise sind die (dann meist nicht über faustgroßen) Gerölle durch einen stärker kalkigen Zement etwas verkittet.

Die Grundmasse wird in diesen Fällen von einem spätigen, fast schwarzen Kalk gebildet. Er ist zäh und bricht kantig-muschelig. Schliffe zeigen eine von Eisenoxyd verfarbte Grundmasse aus teils körneligem, teils klarem, kristallinischem Kalzit. Darin liegen wenige Glimmerschuppen. Fossilien: Echinodermen- und Zweischalerreste sind häufig, daneben einzelne größere, onkoidisch umrandete Bruchstücke von Schalenresten, viele Bryozoenreste (?) und wenige, unbestimmte Foraminiferen.

Brekzien treten im mittleren Malm an verschiedenen Stellen im Zusammenhang mit Quarzsandsteinen und Kalken auf. Meist bestehen die 2 bis 3 cm großen Komponenten aus den dichten Malmkalken, das Bindemittel aus Quarzsandstein oder Kalk. Typische polygene Brekzien wurden erst im Tithon beobachtet.

Vorkommen: In den Grabser Klippen fanden sich Konglomerate und Brekzien in dem gegen Nordwesten gerichteten Anriß unter dem Rücken, welcher von Punkt 1056.57 m gegen Guscha hinunterzieht. Ein kleineres Vorkommen von Konglomeraten liegt unterhalb des Wegleins von Werden nach Monpelin (Koordinaten 749625' 228212').

Im Wäldchen nordöstlich Werden ist ein Profil aufgeschlossen, das sowohl Gesteine des mittleren Malms als auch des Tithons umfassen dürfte. Im obern mittlern Malm treten dort glaukonitische, brisandsteinähnliche Sandsteine und sandige Kalkbrekzien auf. Ähnliche Gesteine beobachtet man nur noch in der Waldecke nordwestlich unter Werdegg.

Aus den im Vorhergehenden beschriebenen Gesteinstypen baut sich zum überwiegenden Teil die Schichtfolge des mittleren Malms auf (vgl. das Sammelprofil, Fig. 5).

c) *Das Tithon*

Wie in der Falknis-Decke⁴², so ist auch in den Grabser Klippen das Tithon der einzige durch Fossilien sicher nachgewiesene Malmhorizont.

Das stratigraphische Sammelprofil Fig. 5 zeigt den lithologischen Charakter des Tithons, das im Verhältnis zum mittleren Malm bedeutend weniger klastische Einstreuungen enthält. Solche treten vor

allem noch an der Basis auf, während in den höheren Partien lichte, seewerkalkähnliche, dichte Kalke überwiegen.

Die Untergrenze des Tithons haben wir dort gezogen, wo (zum Beispiel nördlich Guscha, gerade am Waldoberrand links vom Weglein) der fazielle Charakter der Bänke rasch ändert und statt der grobsandigen und eher massigen Bänke des mittleren Malms zum ersten Male kalkige oder feinkörnigere, plattig-bankige Serien mit nur untergeordneten grobklastischen Einstreuungen auftreten.

Die Obergrenze des Tithons wird von der Transgressionsfläche des Neocomien gebildet.

Die lithologische Ausbildung des Tithons ist im Gegensatz zum mittleren Malm relativ konstant. Wir können daher die Schichtfolge des Tithons an Hand des Sammelprofils Fig. 5 besprechen. Es lassen sich folgende Gruppen ausscheiden:

1. Basis des Tithons. Wechsellagerung von Radiolarienkalken und Schiefermergeln. Relativ häufige klastische Einstreuungen.
2. Kalkbänke mit Hornsteinlagen, wechsellagernd mit Schiefermergeln; dichte Kalke. Vereinzelte klastische Einstreuungen.
3. Vorwiegend helle, dichte, seewerkalkähnliche Kalke.

1. *Die Basis des Tithons (= 1 in Fig. 5)*

Über dem mittleren Malm mit Konglomeraten und sandigen Glimmerschiefern folgt (zum Beispiel nördlich Guscha im Walde) eine gut gebankte Serie, mit der wir das Tithon beginnen lassen.

Es handelt sich um eine im gesamten wohl 8 bis 10 m mächtige Wechsellagerung von dunkelgrauen, dichten, schwach fleckigen, im Mittel 20 cm mächtigen Kalkbänken mit ebenso mächtigen grauen Mergelschiefern. Daneben finden sich auch ganz weiß anwitternde, muschelartig brechende, schwärzliche Radiolarienkalke. Im großen scheint die Serie gut gebankt zu sein und ihre Entstehung einer relativ ruhigen Sedimentation zu verdanken. Bei genauerem Zusehen sieht man jedoch einzelne Kalkbänke stratigraphisch auf wenige Dezimeter Erstreckung in den schwarzen Mergelschiefern auskeilen, während andere auf kurze Distanz zu doppelter Mächtigkeit anschwellen. Zwischen den Kalken finden sich in die Mergel eingebettet bis 20 cm lange und etwa 2 bis 3 cm dicke Nester und Linsen einer bunten polygenen Brekzie. Die gleiche Brekzie tritt zusammen mit einer sandigen Echinodermenbrekzie auch an der Basis des Komplexes als Bank auf. Eine ganz ähnliche Gesteinsfolge

wurde auch im Wäldchen nordöstlich Werden gefunden und zum Tithon gestellt. Die polygene Brekzie tritt dort in verschiedenen Lagen auf, als Bänke und kleine Nester.

Sie ist an der Basis meist etwas schiefrig, verwittert vorwiegend braun und ist auf frischem Bruch dunkelgrau, fast schwarz. Die hellen Komponenten heben sich gut ab. Das Gestein verwittert mit rauher, löcheriger Oberfläche. Häufig finden sich Tonschmitzen und Glimmerschuppen.

Dünnschliffe zeigen folgendes Bild: In der Kalkgrundmasse liegen dicht gedrängt bis zu 2 cm große Komponenten. Die Quarzkörner sind teils gut gerundet, teils eckig. Sie sind oft stark zerklüftet, jedoch meist nicht deutlich undulös auslöschend. Ferner finden sich Körner von Kalzit und Plagioklas, daneben viele aufgearbeitete Gesteinsbrocken. An fremdem Gestein überwiegen bei weitem die Komponenten sedimentärer Herkunft, so dichte Kalke, Radiolarienkalke, Calpionellenkalke, Dolomite, Sandsteine und ein oolithischer Kalk. Das kristalline Material setzt sich aus granitischen Gesteinen, einzelnen stark zersetzten Gneisgeröllen und einem Gerölle mit myrmekitischer Verwachsung von Quarz und Feldspat zusammen.

In der Grundmasse beobachtet man seltene Echinodermen- und Bryozoenreste, ferner *Nodosaria* sp. und ? *Epistomina* sp.

Das Auftreten von Calpionellenkalcken als Komponente von Brekzien, die wir zum untern Tithon stellen, ist auffällig. D. TRÜMPY⁴² gibt jedoch im Falknisgebiet *Calpionella alpina* LORENZ schon aus dem mittleren Malm an.

Mit diesen polygenen Brekzien verknüpft sind graublaue, kalkige Schiefer, welche Radiolarien führen, sowie dünne Bänklein von stark glaukonitischem Sandstein.

Gegen oben treten die klastischen Einstreuungen zurück, und es folgt

2. Kalkbänke mit Hornsteinlagen usf. (= 2 in Fig. 5):

Es handelt sich zur Hauptsache um eine etwa 15 bis 20 m mächtige Serie von gut gebankten, dichten, dunkeln Kalken in hellblaugrau anwitternden Bänken von wenigen Zentimetern bis zu 2 dm Mächtigkeit. Teilweise sind die Kalke etwas fleckig und schlierig verfärbt und oft von stylolithischen Tönhäuten durchzogen. Einzelne Bänklein enthalten kohlige Schmitzen. Gewisse Bänke sind dunkel, graugrünlich, andere hell, dicht und seewerkalkähnlich. Die letzteren können 1 bis 1,5 m mächtig werden. Einzelne Bänke enthalten unregelmäßig eingestreute Quarzkörner, andere führen Hornsteinlagen, wie solche auch im Tithon der Falknis-Decke auftreten.

Die hellen dichten, seewerkalkähnlichen Kalke zeigen ein ähnliches Schliffbild wie die Kalke des mittleren Malms.

In der oben beschriebenen Serie finden sich, vor allem in den dunkeln Kalken, vereinzelte Belemnitenreste und schlecht erhaltene Aptychen.

In dieser Schichtfolge sind klastische Bildungen eher selten. Vereinzelt finden sich Quarzsandsteinbänke und eine wenig mächtige Brekzienlage. Auch Pseudobrekzien treten noch auf.

Vorkommen: Gesteine der Gruppe 2 (Fig. 5) sind vor allem in dem kleinen Wäldchen ob Winnewies, ferner in der Waldecke unter Werdegg (SSE Brand) gut aufgeschlossen.

3. *Dichte, helle Tithonkalke* (= 3 in Fig. 5):

Die Schichtgruppe – 3 – des Sammelprofils Fig. 5 entspricht einer relativ einheitlichen Serie. Sie wird hauptsächlich aus dichten, seewerkalkähnlichen, lichtgrauen bis gelblichen Kalken aufgebaut, welche stellenweise etwas kristallinisch sind. Die dichten Kalke werden oft von stylolithischen Tönhäuten durchzogen.

Die Kalke wittern weißlich an, zeigen muscheligen Bruch und zerspringen beim Anschlagen klingend, bis auf einige mehr mergelige, schwach fleckigē Varietäten. Sie sind gut gebankt, in meist 5 bis 40 cm dicken Lagen, selten mächtiger. Die dazwischenliegenden Schiefer sind oft nur wenige Millimeter bis Zentimeter mächtig.

Ähnliche Kalke haben wir schon im mittleren Malm beschrieben (S. 63). Die dichten Tithonkalke unterscheiden sich von den dichten Kalken des mittleren Malms durch das Auftreten von

Calpionella alpina LORENZ.

Die mehr mergeligen Kalke enthalten Radiolarien. Stellenweise (zum Beispiel am Berglitenstein) treten auch blaugraue Kalke auf, welche relativ reich an sehr schlecht erhaltenen Fossilien sind (Aptychen, bis 5 cm große Gastropoden).

Die lichten Kalkserien werden durch Einlagerungen von sandigen Glimmerschiefern unterbrochen.

Vorkommen: Helle dichte Tithonkalke und mergelige dichte Kalke finden sich am Berglitenstein sowie in dem Anriß im Walde direkt nördlich des Berglitensteins.

Die Tithon-Necomien-Grenze (vgl. Fig. 6):

Zwischen dem Malm (Tithon) und der Unterkreide (Necomien) läßt sich in den Grabser Klippen, im Gegensatz zum Bei-

spiel zum Falknisgebiet, eine scharfe Grenze ziehen. Sie wird von der Transgressionsfläche des Neocomien auf das Tithon gebildet und ist besonders schön aufgeschlossen am untern, nördlichen Waldrand nordnordöstlich Punkt 983.69 m (Berglitenstein) an dem kleinen Felsabsturze.

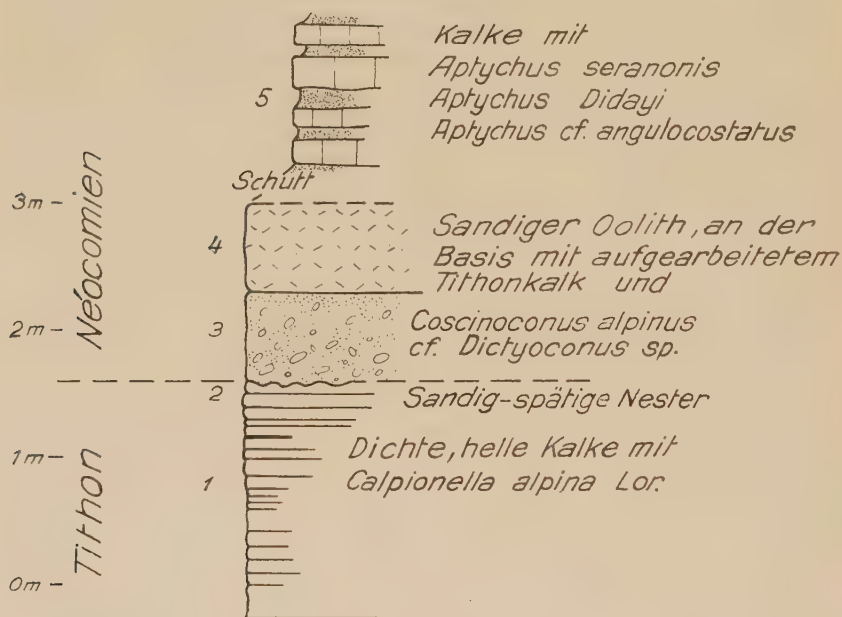


Fig. 6. Detailprofil des Kontaktes zwischen Tithon und Néocom der Grabser Klippe.

Die obersten zwei Meter des Tithons werden von dichten, hellen Kalken mit *Calpionella alpina* LOR. gebildet. Stellenweise finden sich im Schlift unregelmäßige Einstreuungen von Quarzkörnern, Feldspäten und kleinen granitischen Gesteinsbrocken (1 in Fig. 6).

In den obersten 10 bis 20 cm der Tithonkalke lassen sich stärker brekziöse, sandige und spätige Nester und Lagen beobachten (2 in Fig. 6). Teilweise handelt es sich um eine grobe Echinodermenbrekzie, welche uneben und rauh, mit bräunlicher Farbe anwittert. Die Echinodermenbrekzie ist durch seitliche Übergänge mit einer Brekzie verknüpft, welche über 1 cm große Brocken des dichten Tithonkalkes in einer Grundmasse aus großen Echinodermenbruchstücken und dichtem Kalk führt. Sowohl in den aufgearbeiteten

Kalkbrocken als auch in der dichten Grundmasse findet man *Calpionella alpina* LORENZ.

Über die Tithonkalke mit den brekziösen Nestern und Lagen transgrediert das Neocomien.

II. DAS NEOCOMIEN

Das Neocomien wurde in den Grabser Klippen zum ersten Male von D. TRÜMPY⁴² nachgewiesen. Er bestimmte *Aptychus seranonis* COQU., *Aptychus didayi* COQU. sowie *Belemnites* ? *bicanaliculatus*. Die Gesteine beschrieb er als: «. . . dünnbankige, hellgraue, fleckige, dichte, mergelige Kalke und Mergelschiefer, dunkle Schieferkalke. Die fleckigen Kalke sind mit präalpinen Neokomfleckenmergeln lithologisch identisch. Ihre Schichtfläche zeigt hin und wieder braune Limonitkügelchen und eine oft auffällige Glimmerführung.»

ARN. HEIM^{16 45} stellte die in den Grabser Klippen auftretenden Fleckenkalke ins Neocomien.

Fig. 5 zeigt, daß das Neocomien der Grabser Klippen zur Hauptsache aus einer etwa 25 bis 30 m mächtigen Serie mergeliger, gut gebankter Kalke besteht. Nur an der Basis finden sich in geringer Mächtigkeit klastische Bildungen, es sind dies die Transgressionsgesteine des Neocomien.

Fig. 6 ist ein Profil durch den Kontakt zwischen Tithon und Neocomien. Auf den Tithonkalk mit den brekziösen Nestern und Lagen transgrediert über eine leicht unebene Auflagerungsfläche das Neocomien mit einem im Mittel etwa 70 cm mächtigen Konglomerat (3 in Fig. 6). In einer dunkelgrauen bis schwarzen, spätigen und unter der Lupe sandig-oolithischen Grundmasse schwimmen viele, gut gerundete Gerölle aus dichtem Tithonkalk. Die Größe der Gerölle wechselt, die kleinsten sind weniger als 1 Millimeter groß, die größten übersteigen selten doppelte Faustgröße. Die hellen Malmgerölle heben sich sehr deutlich von dem dunkeln Untergrunde ab, die Grenze ist sowohl im Handstück als im Schliff absolut scharf.

Während in den basalen Lagen die kleinen und großen Gerölle scheinbar wenig sortiert zusammen vorkommen, nehmen im allgemeinen die großen Gerölle gegen oben rasch ab, und das Basalkonglomerat geht auf etwa 30 cm Distanz in einen schwach sandigen Oolith über (4 in Fig. 6).

Dieser im Durchschnitt 70 cm mächtige Oolith ist spätig und von grünlichgrauer bis oliver Farbe. Er wittert bräunlich und rauh an.

Sowohl das Konglomerat wie der Oolith besitzen dieselbe, bald klare und kristallinische, bald dichte Kalzitgrundmasse. In ihr liegen größere oder kleinere, gut gerundete Gerölle von Tithonkalken mit *Calpionella alpina* LOR., daneben finden sich jedoch hauptsächlich bis 1 mm große Ooide. Ihre Schale besteht oft aus mehreren Lagen und erreicht eine Dicke von 0,3 bis 0,4 mm. Als Ooidzentren treten Splitter von Calpionellenkalken und dichten Kalken sowie Quarzkörner auf. Häufig sind daneben im Zentrum der Ooide vor allem Foraminiferen (Textulariden und Milioliden), ferner Echinodermereste und Schalenbruchstücke von Gastropoden und Lamellibranchiern. Neben den Ooiden und Geröllen von Tithonkalk beteiligen sich am Aufbau des Basalkonglomerats und des Ooliths noch Quarzkörner und seltene Feldspäte, ebenso verschiedene Kalkgerölle und Bruchstücke von glimmerreichem Sandstein und von Oolithen. In der Grundmasse kann man verschiedene Reste von Organismen erkennen, nämlich Algen, Stromatoporen, ? Hydrozoen, Aptychen, Schalen verschiedener Mollusken (Gastropoden), Spongienreste, Echinodermen, Bryozoenreste und ? Ostracoden. Einzelne Gerölle zeigen eine eigenartige Umkrustung (? Codiaceen). An Foraminiferen lassen sich Milioliden, ? *Nubecularia* sp. und

Coscinoconus alpinus LEUPOLD und BIGLER

beobachten, ferner eine kleine kegelförmige Foraminifere, die wir als

? *Dictyoconus* sp.

bezeichnen möchten. Sie läßt sich mit den von J. PFENDER in «Les foraminifères du Valanginien provençal» (Bull. Soc. géol. de France, 5e série, tome 8, 1938) auf Tafel XIV, Nr. 4, und Tafel XV, Nrn. 1 und 3, abgebildeten und dort als *Dictyoconus walnutensis* CARSEY bezeichneten Formen vergleichen. Leider sind jedoch die in etwa 30 Schliffen aufgefundenen zwei Schnitte zur sicheren generischen Bestimmung ungenügend.

Über dieser basalen Ausbildung des Neocomien in oolithisch-konglomeratischer Fazies mit *Coscinoconus* und ? *Dictyoconus* folgt eine im Minimum 20 m mächtige Serie gut gebankter Kalke, welche den eigentlichen Neocomien-Aptychenkalk bilden (5 in Fig. 6). Ein Zusammenhang dieses Aptychenkalkes mit höheren Horizonten kann nicht beobachtet werden. Seine Gesamtmächtigkeit kann deshalb nicht bestimmt werden.

Der Aptychenkalk besteht aus 30 cm bis 50 cm mächtigen Kalkbänken, die mit ebenso mächtigen oder dünneren Lagen eines kalkigen Schiefers wechsellagern. Die Bänke bestehen bald aus dichten, grauen, bald aus hellen, gelblichen Kalken, welche meist mergelig sind. Die hellen Kalke gleichen den Tithonkalken, sind jedoch etwas dunkler als diese, meist leicht fleckig und nicht so fossilreich. Sie zeigen oft nur dunkle Punkte und kleine schnurförmige Flecken. Die Schichtflächen sind hin und wieder von Limonitkügelchen bestreut. Daneben tritt häufig ein relativ harter,

klingender, auf frischem Bruch hellgrau bis grünlicher Kalk mit großen, unscharf begrenzten Flecken und Schlieren auf. Er bricht muschelrig und enthält im Dünnschliff viele umkristallisierte Radiolarien. Untergeordnet erscheinen schwach sandige Kalke.

Die Neocomien-Aptychenkalke zeigen somit im großen das Bild einer relativ einheitlichen, gut gebankten und teilweise plattigen Serie. Sie wittern einheitlich hell weißlich oder bräunlich an. Die von D. TRÜMPY⁴² aus dem Neocomien der Grabser Klippen angeführten Aptychenformen

(Lamell-) *Aptychus seranonis* COQUAND

(Lamell-) *Aptychus didayi* COQUAND

konnten wiedergefunden werden. Neu ist

Lamellaptychus cf. angulocostatus PETERS

Diese Aptychenformen sind leitend für das Neocomien. Relativ häufig wurden auch Belemniten beobachtet.

Die Verbreitung des Neocomien ist aus Tafel III ersichtlich. Ein Aufschluß mit guter Aptychenfauna findet sich im Anriß im Wald nordnordöstlich Punkt 1056.57 m.

Im Naturhistorischen Museum Basel liegt in einer Exkursionsammlung vom Jahre 1909 ein Stück Neocomienkalk mit einem Belemniten, welches von der Straßenkurve nordnordöstlich Winnies stammen soll. Es gelang nicht, diese Fundstelle wiederzufinden.
Gesteine incertae sedis:

Im Anschluß an die Besprechung des Neocomien soll hier noch ein charakteristischer Gesteinstyp angeführt werden, welcher nur an zwei Stellen der Grabser Klippen in stratigraphisch unsicherer Lage gefunden wurde.

Es ist dies ein massiger, kompakter, hellgrauer Kalksandstein, welcher hell- bis dunkelgrau anwittert. Auf frischem Bruch ist er spätig.

An Makrofossilien fand sich darin eine *Terebratula* sp. Im Schliff beobachtet man in einer klaren Kalzitgrundmasse bis 2 cm große Gerölle. Es sind vor allem Quarzkörner und Brocken von Sedimentgesteinen. Den größten Teil der Komponenten bilden aber Organismenreste. So finden sich Bruchstücke von Echinodermen, Korallen, ? *Solenopora*, Bryozoen, ? Kalkalgen (? Codiazeen), ? Schwammreste und unbestimmbare Schalenreste von Mollusken. An Foraminiferen treten auf

Coscinoconus alpinus LEUPOLD und BIGLER

Coscinoconus elongatus LEUPOLD und BIGLER

daneben *Ophalmidium* sp., Milioliden und Rotaliden.

Coscinoconus wurde in den Grabser Klippen nur in den zum Neocomien gehörenden Transgressionsbildungen über dem Tithon und nicht im Malm beobachtet, ist aber kein Leitfossil.

Fundstellen: Der Kalksandstein findet sich als einzelner Block direkt südlich des Hauses südöstlich Hintereggen (Tafel III, neben den Couches rouges). Ein entsprechender Sandstein steht im Anriß nordnordöstlich Punkt 1056.57 m im Walde an. Der Malm ist an jener Stelle auf das Neocomien überschoben worden. Es ist unsicher, ob der beim Überschiebungskontakt anstehende Kalksandstein zum Malm oder zum Neocomien gestellt werden muß.

In den Grabser Klippen ließen sich weder *Tristelkalk* noch *Gault* nachweisen. Gewisse glaukonitische Sandsteine, welche gaultähnlichen Habitus besitzen, stehen im Wäldchen nordöstlich Werden an (vgl. S. 68). Als Blöcke finden sie sich im Klippengebiet an verschiedenen Stellen. Sie waren schon H. P. CORNELIUS⁷ aufgefallen, der sie mit dem Feuerstätter Sandstein verglich und die Möglichkeit andeutete, daß es sich bei diesen Gesteinen um Gault handle. Die Glaukonitsandsteine sind jedoch sowohl durch laterale als auch vertikale Übergänge so eng mit Malmgesteinen verknüpft, daß für sie nur Malm-Alter in Frage zu kommen scheint.

Es konnte nicht entschieden werden, ob Tristelkalk und Gault aus stratigraphischen oder tektonischen Gründen in den Grabser Klippen fehlen.

III. DIE COUCHES ROUGES (OBERKREIDE BIS TERTIÄR)

Der Nachweis von Couches rouges in den Grabser Klippen ist das Verdienst ARN. HEIMS¹⁶. Er stellte sie zum oberen Turonien und Senonien. Im besondern beschrieb er die Couches rouges aus einem Profil, welches sich an der Westseite der Rinne findet, welche im Walde nordöstlich unter Hönegg in fast Süd-Nord-Richtung verläuft.

Unsere Untersuchungen haben ergeben, daß die mehr oder weniger einheitliche Schichtreihe der Couches rouges der Grabser Klippen vom Turonien bis in das Tertiär reicht. Die eigentlichen roten Lagen scheinen sogar erst im Tertiär aufzutreten. Die Serie läßt sich folgendermaßen unterteilen:

Als tiefstes Glied treten hauptsächlich ganz dichte, porzellanige, seewerkalkähnliche, muschelartig brechende und teilweise leicht

fleckige, lichtgraue Kalke, untergeordnet auch Kalkschiefer, auf. Sie lassen schon auf frischem Bruch den Reichtum an Foraminiferen erkennen. Vor allem führen sie

Globotruncana lapparenti tricarinata (QUEREAU)

Globotruncana lapparenti cf. coronata BOLLI

Globotruncana lapparenti cf. bulloides VÖGLER.

Sie vertreten also das Turonien und Coniacien, vielleicht noch Teile des Santonien.

Darüber folgen hauptsächlich graue Mergel mit

Globotruncana lapparenti tricarinata (QUEREAU)

Globotruncana leupoldi BOLLI

Sie dürften dem Santonien und Campanien angehören. In den höhern Niveaux gehen sie über zum Maestrichtien, in welchem zwei deutlich differente Ausbildungstypen vorliegen, die beide

Globotruncana stuarti DE LAPPARENT

führen. Es sind

- a) ein grauer, schwach sandiger Kalk. Im Schliff zeigt er in der Kalkgrundmasse sehr viele kleine Schalenrümmer von Foraminiferen;
- b) helle, grünlichgraue oder gelbliche Mergelschiefer mit scharf begrenzten, bis 1 cm langen, strichförmigen, dunkeln Flecken. Sie enthalten etwas Glaukonit.

Die gegenseitigen Beziehungen (? seitlicher Übergang) zwischen a und b sind nicht abgeklärt.

Die hellen, gelblichen Mergelschiefer mit *Globotruncana stuarti* DE LAPPARENT (b) enthalten *Einlagerungen von Brekzien*. Solche lassen sich in einem nur etwa 2 m² großen Aufschluß im Weglein an der Südwand des Hauses bei Hinteregg beobachten, an der Stelle, wo auf der Alvierkarte⁴⁵ und auf Tafel III Couches rouges angegeben sind. Die Brekzie bildet keine eigentliche Bank, sondern erscheint unregelmäßig verteilt in die Couches rouges eingestreut. Die Komponenten sind im Mittel 0,2 bis 0,4 cm groß, erreichen maximal etwa 1 bis 1,5 cm. Es konnten nur Komponenten sedimentärer Herkunft beobachtet werden, vor allem dichte Kalke, ferner Radiolarien- und Calpionellenkalke und Siltsteine. Dazwischen liegen einzelne Quarzkörner, welche zum Teil undulös auslöschten. In einem Kalkgerölle fand sich *Globotruncana aff. helvetica* BOLLI.

Klastische Einlagerungen in den Couches rouges werden von D. TRÜMPY⁴² auch aus dem Falknisgebiet beschrieben, jedoch weichen sie in bezug auf das Alter und die Zusammensetzung der Komponenten erheblich von denjenigen der Grabser Klippen ab (Falknis hauptsächlich kristalline Komponenten im Senonien).

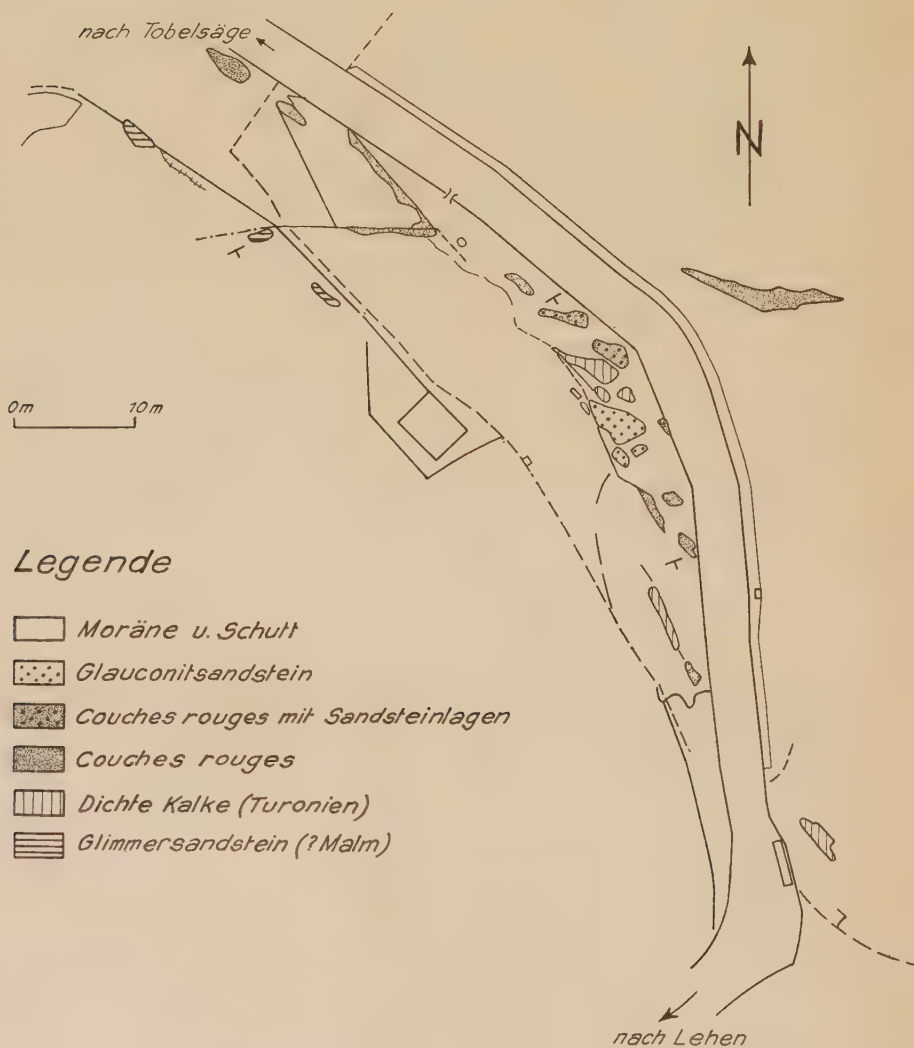


Fig. 7. Geologische Kartenskizze der Straßenkurve NNE Hönegg.

Die hellen Mergelschiefer des Maestrichtien gehen nach oben über in hell-grünlichgraue oder gelblichgraue, glaukonitführende Mergelschiefer. Damit verknüpft treten dunkelrote bis weinrote sowie dunkle, feinsandige, fleckige Mergelschiefer auf.

Diese Gesteine enthalten im allgemeinen reichlich *Globigerina* sp. und *Globorotalia* sp. Sie bilden die Hauptmasse der Couches rouges. Da die Couches rouges des Maestrichtiens gegen oben ohne erkennbare Grenze in die Schiefer mit Globorotalien übergehen, dürften letztere wohl zum Paläozän (? eventuell teilweise noch zum Danien) gehören.

Ein interessantes Profil dieser tertiären Couches rouges läßt sich an der Straßenkurve nordöstlich Hönegg beobachten (vgl. Fig. 7). Die hellen, dichten Kalke des Turonien sind an jener Stelle mit dem tertiären Anteil der Couches rouges stark verschuppt. In den tertiären Schiefer sind bis 3 cm dicke Sandsteinbänklein in Abständen von 5 cm zu 5 cm eingelagert. Es sind grau gelb verwitternde, quarzreiche Sandsteine mit reichlich dunkelgrünem Glaukonit. Die Foraminiferenfauna setzt sich vor allem aus *Robulus*- und *Haplophragmium*-ähnlichen Formen zusammen.

Ein großer Block eines zähen Glaukonitsandsteins ist in diesem Profil an der Kurve nordöstlich Hönegg auf helle dichte Kalke des Turoniens überschoben worden (Fig. 7). Er dürfte, seiner Ausbildung entsprechend, mit dem Glaukonitsandstein der tertiären Couches rouges identisch sein, ist jedoch mächtiger und nicht mehr im ursprünglichen Schichtverband erhalten.

Der Dünnschliff zeigt dicht zusammengeschweißte Kalzit- und Quarzkörner, ferner Glaukonit, etwas Glimmer und Pyrit. Stellenweise überwiegt jedoch eine braun verfärbte Kalzitgrundmasse über die klastischen Einstreuungen. Neben zahlreichen Echinodermentrümmern fand sich in diesem Glaukonitsandstein in schlechtem Erhaltungszustand

Discocyclina aff. *seunesi* DOUVILLE.

Eine sichere stratigraphische Einteilung der Couches rouges nach Farbtönen und lithologischer Ausbildung ist nicht durchführbar. Rote Schieferlagen scheinen jedoch nur im Tertiär aufzutreten. Selbst wo die Profile scheinbar ungestört aussehen (zum Beispiel Rinne im Wald nordnordöstlich Hönegg), hat die genauere Untersuchung gezeigt, daß eine intensive Schuppung der Kreide- und Tertiäranteile der Couches rouges vorliegt.

Die Mächtigkeit der Couches rouges ist daher schwer festzustellen, doch dürfte sie nur etwa 40 bis 50 m betragen.

Vorkommen: Die Couches rouges treten vor allem im topographisch tiefern, östlichen und nordöstlichen Teile der Grabser Klippen auf (vgl. Tafel III). Auf Quote 1245 m im obern Strickerntobel treten in einem isolierten Vorkommen Fleckenmergel mit *Globotruncana stuarti* DE LAPPARENT auf. Sie gleichen den Couches rouges des Maestrichtiens der Grabser Klippen. Ein Verbindungsglied zwischen diesem vereinzelt Aufschluß oberkretazischer Fleckenmergel mit den Couches rouges der Klippen könnte in dem kleinen Vorkommen von Couches rouges im Wäldchen südsüdöstlich Salegg (ob Grabser Bädli, siehe Tafel I) gesehen werden, doch konnte nicht mit Sicherheit festgestellt werden, ob die Mergelschiefer im Strickernbach wirklich zu den Couches rouges der Klippen gehören.

C. ZUSAMMENFASSUNG DER STRATIGRAPHIE DER GRABSER KLIPPEN.

VERGLEICH MIT ANDERN GEBIETEN

Die Zusammenfassung soll einen kurzen Überblick über die Geschichte der Sedimente der Grabser Klippen geben und einem Vergleich mit andern Gebieten, vor allem der Falknis-Decke, dienen.

Im *Malm* fällt besonders die zum Beispiel gegenüber dem Helveticum *außerordentlich klastische Ausbildung* speziell des mittleren Malms auf. Die Konglomerate, Brekzien und grobkörnigen Sandsteine sowie das Auftreten von kohligem Schmitzen deuten auf die Nähe eines Festlandes während der Ablagerung der oberjurassischen Sedimente der Grabser Klippen hin. Eine Zyklengliederung des Malms, wie sie zum Beispiel von D. STAEGE⁴⁰ im Wilerhorngebiet durchgeführt werden konnte, erscheint hier unmöglich. Wohl lassen sich im einzelnen oft gut ausgebildete Kleinzyklen beobachten, das Bild im großen wird jedoch stets durch neue grobe Konglomerat-, Brekzien- oder Sandeinstreuungen gestört. Bemerkenswert und an die *Flyschsedimentation* erinnernd, ist auch das enge Zusammenvorkommen von Radiolarienkalken, groben polygenen Brekzien in Nestern, dichten Kalken und Sandsteinen im untern Tithon. Erst gegen oben tritt ruhigere Sedimentation ein – es

überwiegen dichte Kalke, Einstreuungen von Quarzkörnern treten zurück.

Innerhalb des Malms haben zu verschiedenen Malen kleinere und größere Sedimentationsunterbrüche stattgefunden. Die Komponenten der Brekzien und Konglomerate des Malms sind zum überwiegenden Teil auch wieder Malmgerölle, welche wir von ältern, bereits verfestigten Malmsedimenten herleiten können. Fremde Gesteine treten zurück.

Das *Neocomien* transgrediert mit einem Basalkonglomerat auf das Tithon. Die häufigen Gerölle von Calpionellenkalk im Basalkonglomerat weisen auf einen Abtrag des obern Tithons bei der Transgression des Neocomien hin. Es ist fraglich, ob das Basalkonglomerat altersmäßig den tiefsten Schichten des Neocomien entspricht, das heißt ob ältestes Neocomien in den Grabser Klippen ausgebildet ist. Über dem Basalkonglomerat folgt zunächst eine eher küstennahe Oolithbildung, darüber die mehr bathyalen Ablagerungen der Aptychenkalke. Ob das Neocomien gegen oben vollständig ausgebildet ist, konnte ebenfalls nicht entschieden werden.

Zur Klärung der Verhältnisse während des Zeitraumes vom Urgonien bis zum Turonien fehlen uns Anhaltspunkte.

Vom *Turonien bis in das Maestrichtien* treffen wir die bathyalen Ablagerungen der *Couches rouges*. Eine Auflagerung der basalen, dichten Kalke des Turoniens auf ältere Schichten ist nirgends beobachtbar. Im Maestrichtien nehmen die *Couches rouges* einen *klastischen Charakter* an. Die ruhige Sedimentation wird durch Brekzieneinstreuungen gestört, und im Tertiär lagern sich sogar Glaukonitsandsteine in die Mergelschiefer ein.

Für einen Vergleich der Schichtserie der Grabser Klippen mit ähnlich ausgebildeten Schichtfolgen kommt in der näheren Umgebung nur die *Falknis-Decke* in Betracht. Die Übereinstimmung der beiden Schichtkomplexe ist recht auffällig. Der mittlere Malm ist in beiden Gebieten konglomeratisch, brekziös und sandig ausgebildet, das Tithon wird hauptsächlich charakterisiert durch dichte Kalke mit *Calpionella alpina* LORENZ. Das Neocomien führt beide Male an der Basis Oolithe, darüber Fleckenkalke. Die hangenden Schichtglieder lassen sich allerdings nicht mehr so gut vergleichen: Tristelkalk und Gault fehlen der Grabser Klippe, die *Couches rouges* sind bedeutend mergeliger als diejenigen der Falknis-Decke. In der obersten Kreide und im Tertiär fehlen vergleichbare Gesteine.

Die Mächtigkeit der Schichtreihe der Grabser Klippen ist bedeutend geringer als diejenige der Falknis-Decke, wie aus folgendem Vergleich hervorgeht:

	Max. Mächtigkeit in der Grabser Klippe	Max. Mächtigkeit in der Falknis-Decke (nach D. Trümpy, Lit. 42)
Tertiär	etwa 20 m	? Flysch, ? 100 m
Obere Kreide	etwa 30 m	etwa 160 m
Mittlere Kreide	fehlt	etwa 270 m
Untere Kreide	etwa 30 m	etwa 140 m
Tithon	etwa 30 m	etwa 200 m
Mittlerer Malm	? etwa 60 m	etwa 200 m
Unterer Malm	? etwa 20 m	etwa 70 m

Bei diesem Vergleich ist zu berücksichtigen, daß die Mächtigkeit verschiedener Schichtglieder der Grabser Klippen wohl auch aus tektonischen und nicht nur aus stratigraphischen Gründen reduziert ist. Wenn diese Zahlen daher auch nur grobe Durchschnittswerte angeben, so vermitteln sie doch einen Begriff von den Mächtigkeitsunterschieden.

Wir teilen die Überzeugung von D. TRÜMPY⁴², der auf Grund seiner Beobachtungen die *Grabser Klippen* in das *Faziesgebiet der Falknis-Decke* stellte. Er war der Ansicht, daß die Grabser Klippe *tektonisch eher tiefer (nördlicher)* liege als die Falknis-Decke. Die geringere Mächtigkeit der Schichtserie der Grabser Klippe sowie die abweichende Ausbildung der Oberkreide und des Tertiärs könnte durch diese Annahme erklärt werden.

E. KRAUS²⁵ gelangte 1932 auf Grund seiner Flyschuntersuchungen im Allgäu und Vorarlberg zur Ansicht, daß die Grabser Klippe seiner Oberstdorfer Decke angehöre, deren tektonische Stellung jedoch noch zur Diskussion steht (vgl. auch Lit. 11). J. CADISCH⁵ nimmt für die Grabser Klippe eine vermittelnde Stellung zwischen Ultrahelveticum und Unterostalpin an, eine Ansicht, welche sich gut mit den Anschauungen D. TRÜMPYS und den Ergebnissen unserer Untersuchungen deckt. H. P. CORNELIUS⁷ verglich 1926 die Grabser Klippe mit der Simmendecke, doch können wir dieser Parallelisation nicht vorbehaltlos zustimmen. Wohl treten dichte Malm-Aptychenkalke und Couches rouges in sehr ähnlicher oder übereinstimmender Ausbildung in den Klippen der Zentral- und

Westschweiz und in der Simmen-Decke auf, doch ist aus jenen Gebieten keine so klastische Ausbildung des Malms bekannt. Ebenso fehlen der Grabser Klippe die Radiolarite und das mächtige Cenomanien, welche die Simmen-Decke charakterisieren. Ein Vergleich der Grabser Klippen mit zentralschweizerischen Klippen oder Einheiten der Préalpes wird durch die große gegenseitige Distanz, das Fehlen von Verbindungsgliedern und die Unterschiede in der lithologischen Ausbildung sehr erschwert und müßte sich in reinen Vermutungen erschöpfen.

Zusammenfassend kann gesagt werden, daß die Grabser Klippen sehr wahrscheinlich als Rest einer früher weiter ausgebreiteten unterostalpinen Falknis-Decke speziell nördlicher Teile derselben, betrachtet werden müssen.

D. DIE TEKTONIK DER GRABSER KLIPPE

(vgl. Tafel II und Tafel III)

Die Klarstellung der Tektonik der Grabser Klippen wird durch verschiedene Umstände erschwert. Die Aufschlüsse sind nicht zusammenhängend, größere Antiklinalen oder Synklinalen sind in dem kleinen Gebiet, das die Grabser Klippen einnehmen, nicht mehr erhalten. Zudem wird fast die ganze Oberfläche des Grabserbergs in der Gegend der Klippen von großen Rutschungen eingenommen, welche auch heute noch in Bewegung sind (vgl. S. 88). Versackte Schichtkomplexe und Sackungsbrüche lassen sich im Klippengebiet an vielen Stellen beobachten.

D. TRÜMPY⁴² spricht von der Grabser Klippe als «stark laminierte Deckscholle, die auf Wildflysch ruht». Dem ersten Teil dieser Aussage können wir ohne weiteres zustimmen; denn in großen Zügen bilden die Gesteine der Grabser Klippen eine meist flach gegen Südosten einfallende Platte, die durch kleine Brüche etwas zerhackt wird und stellenweise in sich selbst verschuppt ist.

Am Berglitenstein (vgl. Profil, Tafel II) ist der Rest einer Synklinale im Tithon erhalten geblieben, die Muldenfüllung besteht aus Neocomien.

Vom Berglitenstein entlang dem Rücken gegen Punkt 1056.57 m hinauf läßt sich der Malm als eine durch kleinere Brüche etwas zerhackte Platte verfolgen. Er streicht im allgemeinen gegen Nordosten und fällt flach gegen Südosten ein.

Von Bergliten-Werdegg nach Nordosten finden sich vor allem Couches rouges, welche ebenfalls im allgemeinen Nordost-Streichen und Südost-Fallen aufweisen, bis unterhalb der Straße nordöstlich Hönegg. Dort setzt an einem Bruch wieder der Malm ein.

Kleinere Auf- und Überschiebungen finden sich oft in der Grabser Klippe. So ist nördlich unter Punkt 1056.57 m der Malm auf Neocomien überschoben.

An der Straßenkurve nordnordöstlich Hönegg (vgl. Fig. 7) sowie in der Rinne darunter sind die Couches rouges stark geschuppt, es liegen mindestens drei Schuppen aus tertiären und oberkreatazischen Couches rouges vor.

Wenn auch keine direkten Beweise dafür vorliegen, darf doch die *Grabser Klippe als das höchste noch erhaltene tektonische Element der östlichen Wildhauser Mulde* betrachtet werden. Das geht hervor aus ihrer Lage in bezug auf die andern Einheiten der östlichen Wildhauser Mulde (vgl. Tafel II) sowie aus einem Vergleich mit den stratigraphisch-tektonischen Verhältnissen im Vorarlberg und in Liechtenstein (vgl. dazu Lit. 11).

Zwischen die Kreideflyschserie und die Grabser Klippen schiebt sich ein Keil von Gesteinen der Schuppenzone, die beide Einheiten unterlagert (vgl. Profil, Tafel II). Der Kontakt zwischen den Klippen und ihrer Unterlage ist nirgends einwandfrei aufgeschlossen. Wo er einigermaßen sicher festgestellt werden kann, scheinen die Klippen stets entweder auf den Amdener Schichten oder auf dem Wildflysch der Schuppenzone zu ruhen.

Die Lage der Klippen im Profil (siehe Tafel II) deutet darauf hin, daß die Grabser Klippen auch nach der Überschiebung über Kreideflysch und Schuppenzone noch tektonisch beeinflusst worden sind. Es läßt sich jedoch nicht eindeutig feststellen, ob es zu einer eigentlichen Einwicklung der Klippen kam.

DAS QUARTÄR

I. PLEISTOZÄN

1. Moränenablagerungen und erratische Blöcke

Fast die ganze Flyschmulde östlich von Wildhaus wurde vom Rheingletscher überflutet, der im Mittel bis auf etwa 1300 m Höhe hinaufreichte. Im südlichen obern Teil des Grabserberges verbreitete sich der Voralptalgletscher. Die Unterscheidung von Lokalmoräne und Rheingletschermoräne wurde im untersuchten Gebiet schon von ARN. HEIM⁴⁵ durchgeführt. Angaben über erratische Blöcke finden sich in der erwähnten Karte. Das nördliche Gebiet (Gamserberg, Lochalp bis Frümsen) wurde von W. TAPPOLET⁴¹ in bezug auf die Quartärbildungen untersucht.

Sowohl der Lokalgletscher des Voralptales als der Rheingletscher führen Gesteine der helvetischen Fazies als *erratische Blöcke*. Vor allem auffällig sind Schrattenkalk und Gault. Der Rheingletscher brachte auch relativ reichlich kristalline Geschiebe. Zu den bei W. Tappolet angegebenen wichtigsten Fundpunkten können noch weitere beigefügt werden, zum Beispiel:

- a) Biotitreicher Granit, am Waldrand unterhalb des Sträßchens bei Rothenberg. In der Umgebung liegen noch mehrere Blöcke eines ähnlichen Granits, ferner Zweiglimmergneise.
- b) Ein schöner Aufschluß in der Moräne des Rheingletschers ist in der Kurve des Sträßchens von Tobelsäge nach Grabser Bädli im Strickerntobel aufgeschlossen. Es fand sich ein Zweiglimmergneis sowie ein hornblendereicher Amphibolit.

Große Blockschwärme wurden beim Bädli Grabserberg, in der Gegend von Salen (hauptsächlich Gault und Klippengesteine) und vor allem am Südhang des Grabserberges abgelagert.

Schöne *Grundmoränenaufschlüsse* beobachtet man

- a) im Schlußbach Quote 680 m;
- b) bei Punkt 800 m südlich Steinacker;
- c) in einigen Anrissen der Gegend der Grabser Klippen;
- d) am Südrand des Hintereggwaldes auf Quote 800 m;
- e) etwa 150 m nordwestlich Ganelin (Südhang des Grabserberges). Hier wurde bei Drainagearbeiten Grundmoräne bloßgelegt. Unter einer dünnen Humusschicht folgte zunächst

grauer, stark durchfeuchteter Lehm mit einzelnen Geröllnestern. In der obersten Lage fanden sich Baumstrünke. Das Loch war etwa 1,7 m tief.

Die Moränenbedeckung ist ausgedehnt und erreicht, vor allem in zahlreichen schönen Moränenwällen, eine beträchtliche Mächtigkeit. Einige der Moränenwälle sind auf der Karte von ARN. HEIM⁴⁵ und auf Tafel III angegeben, doch finden sich daneben noch viele andere. Die Wälle der Gegend von Lochalp stellt W. TAPPOLET⁴¹ in das Bühlstadium. Für eine eingehende quartärgeologische Arbeit wäre eine regionale Untersuchung nötig, unter Berücksichtigung des Churfirsten-Alvier- und Säntisgebietes.

II. HOLOZÄN

1. *Torfmoore*

Die starke Verlehmung des Bodens durch die Moränen sowie die an und für sich schon undurchlässige Mergelunterlage haben die Bildung zahlreicher Moore gefördert. Solche finden sich vor allem am Grabserberg (vgl. die Alvierkarte, Lit. 45), wo zum Beispiel das Torfmoor nördlich Erlen ausgebeutet wird.

2. *Schneehaldenmoränen*

Entlang dem Säntis-Südrand wurden an verschiedenen Stellen (Lochalp, Gadöl) Bildungen beobachtet, welche als Schneehaldenmoränen bezeichnet werden können. Solch eine kleine Moräne findet sich auch im Ebenboden, gerade nördlich des Sträßchens Wildhaus-Schönenboden.

3. *Erosion*

Nach dem Rückzug der Gletscher setzte die Erosion in den zum Rheintal hinunterfließenden Bächen erneut ein. Die meisten Bäche haben dabei die Moränendecke nicht völlig zu durchschneiden vermocht. Die Eintalung der Simmi in die Wangschichten und das Tertiär des Schützgentens dürfte wohl völlig postglazialen Alters sein. In den meisten andern Bachtobeln ist von den Seiten Moränenmaterial gegen das Bachbett gerutscht und verunmöglicht eine nähere Datierung.

4. *Bachschuttkegel*

Weit ausgedehnte, flache Schuttkegel liegen am Ausgange sämtlicher größeren Bäche im Rheintal.

5. *Quellen*

In dem von Moränen bedeckten Flyschgebiet entspringen viele Quellen, von denen die größeren zum Teil gefaßt worden sind. Es handelt sich meist um Schuttquellen. Häufig lassen sich kleine Quellaustritte an der untern Seite von Rutschwällen beobachten.

Besondere Erwähnung verdienen die schwefelhaltigen Quellen von Bädli (Grabserberg) und Badweid (unter Abendweid), die beide in der Schuppenzone liegen. Den Schwefelgehalt beziehen sie wohl aus dem Pyrit der Amdener Schichten.

6. *Kalktuffbildungen*

Kalktuffe wurden in größerem Ausmaße in dem kleinen Bächlein südlich Seebach oberhalb der Straße Gams–Wildhaus sowie an wenigen Stellen im Hinterwald und westlich Tiefenbrunnen gefunden.

7. *Bergstürze und Gehängeschutt*

Große Bergstürze sind innerhalb des Untersuchungsgebietes nicht vorgekommen. Hingegen wird das Gebiet im Norden bei Frümsen und im Süden im Voralptal von zwei ausgedehnten Bergstürzen begrenzt, und entlang dem Säntis-Südrand von Lochalp bis gegen Frümsen fanden verschiedene kleinere Bergstürze statt, so bei Lochalp, Abendweid, Gadöl und im Hinterwald ob Sax.

In den Hängen vom Säntis-Südrand bis in das Rheintal hinunter sind jedoch in den meisten Fällen Moränenschutt, versackte und verrutschte Moräne, Bergstürze und Gehängeschuttbildungen so eng miteinander verknüpft und vermischt, daß in dem meist mit dichter Vegetation bestandenen Gebiete eine Unterscheidung der verschiedenen Schuttmassen fast verunmöglicht wird.

8. *Trockene Schuttkegel*

Ihr Vorkommen ist auf das Kalkgebiet des Säntis-Südrandes beschränkt. Sie sind zum Beispiel direkt nördlich Abendweid gut entwickelt. Besonders schön sind jedoch die Schuttkegel, welche aus den Wänden und Hängen westlich der Gadölalp bis zu den Alphütten herunterkommen.

9. *Sackungen*

Das von Moränen überdeckte Flyschgebiet gab zu häufigen Sackungen Anlaß. Viele der auf Tafel I angegebenen isolierten Vorkommen von Amdener Schichten oder Fleckenmergeln sind versackt. Versackte Nummulitenkalke liegen am Südennde des Wangriffes von Hohensax beim Gulentobel. Südöstlich unterhalb Alp Abendweid besteht der Boden aus größeren versackten Massen von Fleckenmergeln und priabonen Sandkalken. Weitere Sackungen beobachtet man südlich oberhalb Tiefenbrunnen.

In den Grabser Klippen ist vor allem das Malmvorkommen in dem Wäldchen bei Punkt 910.46 m nordöstlich Werden als versackt zu betrachten. Möglicherweise lag es früher am Abhange nordöstlich Guscha, wo jetzt der Zug von Klippengesteinen durch eine Lücke unterbrochen ist. Dahin deuten die morphologischen Verhältnisse an dieser Stelle; auch in stratigraphischer Hinsicht kann der versackte Komplex gut aus jener Lücke stammen. Die Sackung müßte dann wohl interglazial oder präglazial sein.

Die Abrißränder der Sackungen sind im Gelände in den meisten Fällen noch gut feststellbar.

10. *Die Rutschungen*

Rutschungen kleinern und größeren Ausmaßes sind im gesamten Untersuchungsgebiete verbreitet. Fast in jedes Bachtobel ist Moränenschutt von beiden Seiten nachgerutscht, und an steileren Hängen finden sich stets Rutschwälle und kleine Anrisse. Zahlreiche, sehr schöne, große und stark aufgestaute Rutschwälle lassen sich im Gebiete von Vorderschwendi beobachten, wo sie sich am Wangriff von Rafinen-Bühel und an den unterlagernden Amdener Schichten stauen.

DIE RUTSCHUNGEN IM KLIPPENGEBIET DES GRABSERBERGES

Nordöstlich und östlich unterhalb Sommerweid (Tafel I) befinden sich Abrißränder, von denen große Rutschungen ausgehen, welche sich über den ganzen östlichen und nordöstlichen Teil des Grabserberges ausdehnen. Auf Tafel III ist ein Ausschnitt aus den erwähnten großen Rutschgebieten dargestellt worden. Sie werden noch durch viele sekundäre Abrißränder unterteilt. So zeigt ein Blick auf Tafel III, daß sich im Klippengebiet hauptsächlich zwei größere sekundäre Rutschgebiete entwickelt haben, nämlich:

1. ein Rutschgebiet, das im allgemeinen nördlich des Zuges von Klippengesteinen (von Punkt 1056.57 m nach Ord) liegt. Sein Abrißbrand setzt südlich von Sonnenberg am Moränenwall von Sommerweid-Rohregg ein und zieht sich zunächst südlich gegen Rohrbühel hinauf, um dann oberhalb Fink in einem Bogen gegen Südosten unter Punkt 1056.57 m vorbeizuziehen. Von dort folgt der Abrißbrand in nordöstlicher Richtung dem Nordwestrand der Klippen bis Ord. In der Gegend von Büel verliert er sich, und das Rutschgebiet vereinigt sich dort mit
2. dem Rutschgebiet, welches sich auf der südöstlichen Seite des Klippenzuges (Punkt 1056.57 m bis nach Ord) erstreckt und dessen Abrißränder nicht im Bereich von Tafel III liegen.

Innerhalb dieser zwei Gebiete erkennt man vor allem drei weitere Abrißränder von größerem Ausmaße:

- a) den Abrißbrand östlich Salen und nördlich Brand;
- b) den Abrißbrand oberhalb Simmirain;
- c) den Abrißbrand unter Bergliten, bei Monpelin und Wüesti.

Die Rutschwälle, die oft beträchtliche Längen und Höhen erreichen, sind auf Tafel III eingetragen. Wohl die schönsten Wälle des ganzen Gebietes sieht man in der Gegend von Werden. Durch die stauende Wirkung des Malmvorkommens im Wäldchen nordöstlich unter Werden sind die Rutschwälle zu hohen Buckeln im Gelände aufgestaut worden, zum Teil überlagern sie sich sogar, und von den so zusammengefloßenen Wällen lösen sich bereits wieder kleinere Erdmassen als Rutschungen los. Die Höhenunterschiede vom Tal zwischen zwei Buckeln bis zur höchsten Erhebung eines Walles können 6 bis 8 m betragen.

Nicht alle Rutschungen sind gleichzeitig vor sich gegangen. Jedes Jahr bilden sich neue kleine Anrisse, während große Gebiete scheinbar ruhig bleiben. Im allgemeinen ist es nicht möglich, alte und junge Rutschungen strikt auseinanderzuhalten. Älteren, heute mehr oder weniger stillstehenden Rutschungen dürften die großen Wälle nördlich und nordöstlich Fink ihre Entstehung verdanken. Der nicht mehr sehr deutliche Abrißbrand unterhalb Bergliten dürfte ebenfalls älter sein als der Großteil der andern Abrißränder. Zu ihm gehören die Rutschwälle des Gebietes der Vogelegg. Unterhalb des heute scheinbar keine großen Verschiebungen aufweisenden Gebietes von Vogelegg-Bergliten lösten sich jedoch neue Rutschmassen ab, diejenigen der Gegend von Wüesti-Lee-Hönegg.

Aus dem Moränenwall, der von Fink gegen Salen zieht, sind an verschiedenen Stellen Rutschmassen ausgebrochen. Der Moränenwall ist auch in sich selbst verrutscht. Dies zeigen die Rutschwälle, die sich auf ihm ausgebildet haben. Andere Moränenwälle zeigen ähnliche Verhältnisse.

Interessant wäre es, die Beträge der Verschiebungen in den einzelnen Rutschgebieten näher zu untersuchen. Einige wertvolle Angaben vermittelte mir Herr H. EGGENBERGER, Geometer in Buchs, dem ich an dieser Stelle nochmals bestens danken möchte. Nach seinen Angaben wurde eine Triangulation des Grabserberges im Jahre 1918 ausgeführt. Eine erste Ausmessung der Polygonpunkte fand 1923, eine zweite 1929 bis 1931 statt. Leider waren nur für wenige Punkte die alten Angaben von 1923 erhältlich. Die Verschiebungsbeträge sind in Tabelle 1 dargestellt.

Tabelle 1

Horizontalverschiebungen einzelner Polygonpunkte am Grabserberg zwischen den Jahren 1923 und 1929/31.

Punkt: (vgl. Tafel III)	Horizontal- verschiebung	Punkt: (vgl. Tafel III)	Horizontal- verschiebung
Punkt 1924	10 cm	Punkt 1936	7 cm
Punkt 1927	38 cm	Punkt 1937	6 cm
Punkt 1928	25,5 cm	Punkt 1938	7 cm
Punkt 1930	30 cm	Punkt 1939	3 cm
Punkt 1931	37 cm	Punkt 1940	6 cm
Punkt 1932	37 cm	Punkt 1941	5 cm
Punkt 1933	etwa 9 cm	Punkt 1942	9 cm
Punkt 1934	23 cm	Punkt 1943	5 cm
Punkt 1935	23 cm	Punkt 2581 a	etwa 4 m

Der Triangulationspunkt Nr. 2309 bei Salen verschob sich im Laufe von zehn Jahren ungefähr 2,5 m in horizontalem und 0,8 m in vertikalem Sinne.

Die Verschiebungsrichtung stimmt stets mit der allgemeinen Bewegungsrichtung des ganzen Rutschgebietes überein. Die Punkte, von denen Verschiebungsbeträge berechnet werden konnten, liegen alle mehr oder weniger in der gleichen Zone über dem Abrißbrand in der Gegend von Bädli-Salen-Brand-Eggli. Gleich große oder größere Verschiebungsbeträge kommen jedoch sicher auch an andern Stellen vor.

Wir sehen, daß recht große Verschiebungsbeträge in kürzerer Zeit auftreten. Diese äußern sich vor allem in Häuserschäden, Versumpfung des Bodens, Abdrücken von im Boden versenkten Drainageröhren und in Straßenverlagerungen. Kleinere, rasch abrutschende Erdschlipfe verursachen oft erheblich Landschaden.

Seitdem die Simmi stark verbaut wurde, haben sich wohl die Rutschungen etwas verlangsamt, doch dauern sie stets noch an. Es sind vor allem die mannigfachen Erscheinungsformen der Rutschgebiete und der quartären Ablagerungen, welche dem Grabserberg seine interessanten und reizvollen Formen, besonders in den höheren Partien, gegeben haben.

ZUSAMMENFASSUNG DER WICHTIGSTEN UNTERSUCHUNGSRÉSULTATE

A. ALLGEMEINES

In der östlichen Wildhauser Mulde lassen sich stratigraphisch und tektonisch vier Zonen auseinanderhalten, von unten nach oben:

1. Oberkreide und Tertiär der Säntis-Decke,
2. Schuppenzone aus Oberkreide und Tertiär,
3. Der Kreideflysch (Cenomanien – Unteres Turonien).
4. Die Grabser Klippen.

B. STRATIGRAPHIE

I. DIE SÄNTIS-DECKE

1. Die höchsten Tertiärschichten werden am Säntis-Südrand von priabonen Fleckenmergeln und Sandkalke gebildet. Die Sandkalke enthalten eine reiche Foraminiferenfauna, unter welcher sich einige Formen befinden, die aus den Schweizer Alpen bis jetzt noch nicht gemeldet wurden oder nur von wenigen Fundorten bekannt waren. Es sind dies:

Halkyardia cf. minima LIEBUS

Linderina SCHLUMBERGER

Chapmanina SILVESTRI

Tschoppina KEIJZER (*Eodictyoconus* COLE und BERMUDEZ)

Am Churfürsten-Nordrand fehlen diese priabonen Sandkalke.

2. In den Fleckenmergeln am Säntis-Südrand wurden Einlagerungen von turonem Leimernkalk und einem Glaukonit-sandstein gefunden. Die Zugehörigkeit dieser Fleckenmergel mit Einschlüssen zur Säntis-Decke konnte jedoch nicht eindeutig festgestellt werden.

II. DIE SCHUPPENZONE

1. Die Schuppen werden zur Hauptsache aus Amdener Schichten, Wangschichten Glaukonit- und Nummulitenkalke, Fleckenmergeln und Globigerinenschiefern aufgebaut.

2. Die einzelnen Schuppen können weder im Streichen noch im Querprofil von Norden nach Süden miteinander mit Sicherheit parallelisiert werden.
3. Die Wangschichten des Sommerigkopfes zeigen einen Übergang zu den liegenden Amdener Schichten. Im übrigen liegen die Wangschichten jedoch diskordant auf den Amdener Schichten.
4. Die ultrahelvetischen «Drusbergschichten» ARN. HEIMS²⁰ im Schützgonten gehören auf Grund der Foraminiferen zu den Wangschichten.
5. In der Schuppenzone stellen wir Wildflyschbildungen sowohl in den Amdener Schichten als auch im Tertiär fest.
6. Eine besonders interessante Foraminiferenfauna führt ein exotischer Block aus dem Wildflysch im Gulentobel (Quote 630 m). Er enthält u. a.

Orbitolites sp.

der bisher aus den Schweizer Alpen noch nicht bekannt war, und eine neue Art der Gattung

Neoalveolina SILVESTRI,

welche vor allem aus dem Oligozän bekannt ist.

III. DER KREIDEFLYSCH

Er läßt sich lithologisch in eine kalkig-kieselige Basis-Serie und eine hangende Sandsteinmasse unterteilen. Die Serie führt

Globotruncana apenninica RENZ

Globotruncana stephani GANDOLFI

Globotruncana renzi GANDOLFI

Globotruncana alpina BOLLI

Gegen oben, etwa an der Grenze zwischen der Basis-Serie und dem hangenden Sandsteinflysch, wurde in wenigen Exemplaren

Globotruncana lapparenti ssp.

beobachtet.

Auf Grund dieser Funde kann der Kreideflysch zum Cenomanien und untern Turonien gestellt werden.

IV. DIE GRABSER KLIPPEN

1. Die Schichtreihe reicht vom Malm bis in das Tertiär.
2. Der Malm kann in das vorwiegend kalkige Tithon und einen mittleren, klastischen Malm mit Konglomeraten und Brekzien unterteilt werden. Unterer Malm (Oxfordien-Argovien) wurde nicht mit Sicherheit festgestellt.
3. Über das Tithon transgrediert das Neocomien. Es ist an der Basis konglomeratisch und oolithisch ausgebildet und führt neben *Coscinoconus sp.* auch cf. *Dictyoconus sp.* Darüber liegt der Neocomien-Aptychenkalk.
4. Tristelkalk und Gault wurden nicht gefunden.
5. Die Couches rouges reichen vom Turonien bis in das Tertiär (? Paläozän). Die Basis bilden dichte, seewerkalkähnliche Turonienkalke. Darüber folgen Mergelschiefer, welche im Maestrichtien polygene Brekzien enthalten. Im tertiären Anteil der Schiefer beobachtet man Glaukonitsandsteinlagen mit *Discocyclus aff. seunesi* DOUVILLE.
6. Die Grabser Klippen gehören faziell und tektonisch in den Bereich der Falknis-Decke, wahrscheinlich zu einer nördlichen Partie derselben.

C. TEKTONIK

1. In der östlichen Wildhauser Mulde herrscht ein ausgeprägtes östliches Axialgefälle gegen das Rheintal hin.
2. Die östliche Wildhauser Mulde bildet im großen eine asymmetrische, nach Norden etwas überliegende Synklinale.
3. Die Schuppenzone und der Kreideflysch sind in einer ersten Phase überschoben, in einer zweiten eingewickelt worden.

LITERATURVERZEICHNIS

- 1 BACHMANN, J. «Petrefactenreiche exotische Jurablöcke im Flysch des Sihltals und Toggenburgs», Vierteljahresschrift der Natf. Ges. Zürich, Bd. 8, 1863.
- 2 BLUMENTHAL, M. «Kurze Notiz über die stratigraphisch-tektonische Aufteilung der ultrahelvetisch-austriden Grenzzone in Vorarlberg und im Allgäu», Jahrb. geol. Bdes.-Anst., Bd. 86, Heft 3 und 4, Wien, 1936.
- 3 BLUMER, E. «Östlicher Teil des Säntisgebirges», Beitr. geol. Karte der Schweiz NF 16, 1905.
- 4 BOLLI, H. «Zur Stratigraphie der obern Kreide in den höhern helvetischen Decken» *Eclogae geol. Helv.*, Vol. 37, Nr. 2, 1944.
- 5 CADISCH, J. «Geologie der Schweizer Alpen», Zürich, 1934.
- 6 CUSTODIS, A. (Mund P. SCHMIDT-THOMÉ) «Geologie der bayrischen Berge zwischen Hindelang und Pfronten im Allgäu», N. Jahrb. Min. und Petr., Beilage-Bd. 80, Abt. B, Stuttgart, 1939.
- 7 CORNELIUS, H. P. «Das Klippengebiet von Balderschwang im Allgäu», Geol. Archiv, 4. Jahrg., Heft 1-4, München 1926/27.
- 8 ESCHER VON DER LINTH, ARN. «Die Sentis-Gruppe», Beitr. geol. Karte der Schweiz, Nr. 13, 1878.
- 9 EUGSTER, H. «Bericht über die Exkursion der Schweiz. Geol. Ges. im st.gallisch-appenzellischen Molasseland, im Föhnern- und Wildkirchligebiet», *Eclogae geol. Helv.*, Vol. 24, Nr. 1, 1931.
- 10 EUGSTER, H. «Bericht über die Exkursionen der Schweiz. Geol. Ges. in der Nord- und Nordostschweiz», *Eclogae geol. Helv.*, Vol. 36, Nr. 2, 1943.
- 11 FORRER, M. «Über den Flysch der östlichen Wildhauser Mulde», *Eclogae geol. Helv.*, Vol. 39, Nr. 2, 1946.
- 12 GANDOLFI, R. «Ricerche micropaleontologiche sulla Scaglia e sul Flysch cretacici dei dintorni di Balerna», Diss., Basel, 1942. *Rivista Italiana di Paleontologia* XLVIII 1942.
- 13 GUTZWILLER, A. «Das Verbreitungsgebiet des Säntisgletschers zur Eiszeit», Jahrb. Natf. Ges. St.Gallen, 1871/72.
- 14 HABICHT, K. «Geologische Untersuchungen im südlichen sanktgallisch-appenzellischen Molassegebiet», Beitr. geol. Karte der Schweiz, NF 83, 1945.
- 15 HEIM, ALB. (und ARN. HEIM, M. JEROSCH, E. BLUMER) «Das Säntisgebirge», Beitr. geol. Karte der Schweiz, NF 16, 1905.
- 16 HEIM, ARN. «Über den Berglitenstein und die Grabser Klippe», *Eclogae geol. Helv.*, Vol. 9, 3, 1907.
- 17 HEIM, ARN. «Monographie der Churfürsten-Mattstock-Gruppe», Beitr. geol. Karte der Schweiz. NF 20, 1910.
- 18 HEIM, ARN. «Der Alpenrand zwischen Appenzell und Rheintal (Föhnerngruppe) und das Problem der Kreidenummuliten», Beitr. geol. Karte der Schweiz, NF 53, 1923.
- 19 HEIM, ARN. «Beobachtungen in den Vorarlberger Kreideketten», *Eclogae geol. Helv.*, Vol. 18, Nr. 2, 1923.

- 20 HEIM, ARN. (und BAUMBERGER, E.). «Jura und Unterkreide in den helvetischen Alpen beidseits des Rheins», Denkschrift Schweiz. Natf. Ges. 68, Abh. 2, Zürich, 1933.
- 21 JEANNET, A. «Le crétacé sup. de la région du Drusberg», *Eclogae geol. Helv.*, Vol. 18, Nr. 2, 1923.
- 22 KEIJZER, F. G. «Outline of the Geology of the Eastern Part of the Province of Oriente, Cuba», Diss., Utrecht, 1946.
- 23 KRAUS, E. «Neue Spezialforschungen im Allgäu», *Geol. Rundschau*, Bd. 18, Stuttgart, 1927.
- 24 KRAUS, E. «Der nordalpine Kreideflysch I», *Geol. und pal. Abhandlungen*, NF, Vol. 19, Heft 2, Jena, 1932.
- 25 KRAUS, E. «Über den Schweizer Flysch», *Eclogae geol. Helv.*, Vol. 25, Nr. 1, 1932.
- 26 KRAUS, E. «Neue Wege der nordalpinen Flyschforschung. Der nordalpine Kreideflysch II», *N. Jahrb. Min. und Petr., Beilagebde. (Abh.)*, Abt. B, Bd. 87, I/II, Stuttgart, 1942.
- 27 LEUPOLD, W. «Neue mikropaläontologische Daten zur Altersfrage der alpinen Flyschbildungen», *Eclogae geol. Helv.*, Vol. 26, Nr. 2, 1933.
- 28 LEUPOLD, W. «Zur Stratigraphie der Flyschbildungen zwischen Linth und Rhein», *Eclogae geol. Helv.*, Vol. 30, Nr. 1, 1937.
- 29 LEUPOLD, W. «Neue Beobachtungen zur Gliederung der Flyschbildungen zwischen Reuß und Rhein», *Eclogae geol. Helv.*, Vol. 35, Nr. 2, 1942.
- 30 LORENZ, TH. «Geologische Studien im Grenzgebiete zwischen helvetischer und ostalpiner Facies», *Ber. Natf. Ges., Freiburg i. B.*, Bd. 12, Freiburg i. B., 1901.
- 31 MEESMANN, P. «Geol. Untersuchung der Kreideketten des Alpenrandes im Gebiet des Bodenseerheintals», *Verh. Natf. Ges. Basel*, Bd. 37, Basel 1925/26.
- 32 MOESCH, C. «Geol. Beschreibung der Kalkstein- und Schiefergebirge der Kantone Appenzell, St.Gallen, Glarus und Schwyz», *Beitr. geol. Karte der Schweiz*, Liefg. 14, 1881.
- 33 RENZ, O. «Stratigraphische und mikropaläontologische Untersuchung der Scaglia (Oberkreide bis Tertiär) im zentralen Apennin», *Eclogae geol. Helv.*, Vol. 29, Nr. 1, 1936.
- 34 ROLLIER, L. «Supracrétacique et Nummulitique dans les Alpes suisses orientales», *Beitr. geol. Karte der Schweiz*, NF 53, 1923.
- 35 ROTHPLETZ, A. «Das geotektonische Problem der Glarner Alpen», Jena, 1878.
- 36 RICHTER, M. «Über den Zusammenhang der Säntis-Churfirstengruppe mit dem Bregenzerwald», *Verh. Geol. Bds.-Anst.*, Wien, 1922.
- 37 RICHTER, M. «Beitrag zur Geologie der helvetischen Zone zwischen Iller und Rhein», *Mitt. geol. Ges. Wien*, Bd. 17, Wien, 1924.
- 38 RICHTER, M. «Die deutschen Alpen und ihre Entstehung» *Deutscher Boden*, Bd. 5, Bornträger, Berlin, 1937.
- 39 SCHLATTER, L. «Neue geol. Untersuchungen im mittleren Säntisgebirge», *Ber. St.Gall. Natw. Ges.*, Bd. 70, 1941.
- 40 STAEGER, D. «Geologie der Wilerhorngruppe zwischen Brienz und Lungern», *Eclogae geol. Helv.*, Vol. 37, Nr. 1, 1944.

- 41 TAPPOLET, W. «Beiträge zur Kenntnis der Lokalvergletscherung des Säntisgebirges», Diss., Zürich, 1922.
- 42 TRÜMPY, D. «Geol. Untersuchungen im westl. Rhätikon», Beitr. geol. Karte der Schweiz, NF 46, 1916.
- 43 ZIMMERMANN, F. «Zur Stratigraphie der Wangschichten zwischen Rheintal und Thunersee», Diss., Bern, 1936.

Karten

- 44 HEIM, ALB. «Säntisgebiet», Beiträge geol. Karte der Schweiz, NF 16, Spez.-Karte Nr. 38, 1904.
- 45 HEIM, ARN. (und OBERHOLZER, J.). «Geologische Karte der Alviergruppe», Spez. Karte Nr. 80 der Schweiz. Geol. Kommission, 1917.
- 46 Schweizerische Alpenposten, Obertoggenburg: Poststraße Neßlau-Buchs. Herausgegeben von der Eidg. Postverwaltung, Bern, 1930 (mit geol. Profilen von W. LEUPOLD).

CURRICULUM VITAE

Am 25. Mai 1923 wurde ich, Martin Forrer, in St.Gallen geboren als Sohn des Otto Forrer, Dr. iur., von Wildhaus (Kanton St.Gallen) und der Anna Marguerite Forrer, geb. Birbaum.

In St.Gallen besuchte ich die Primarschule und anschließend die Kantonsschule, wo ich im Sommer 1942 das Maturitätsexamen bestand.

Im Wintersemester 1942/43 immatrikulierte ich mich an der Universität Basel. Die vorliegende Arbeit begann ich im Herbst 1944. Zur gleichen Zeit übernahm ich die Stelle eines II. Assistenten am Geologisch-Paläontologischen Institut der Universität Basel. Seit Oktober 1946 bekleide ich die Stelle des I. Assistenten am genannten Institut.

An der Universität Basel besuchte ich die Vorlesungen und Übungen der Herren Proff. A. BUXTORF, L. VONDERSCHMITT, M. REICHEL, M. REINHARD, A. PORTMANN, G. SENN, M. GEIGER-HUBER, W. VISCHER, P. RUGGLI, H. ERLLENMEYER sowie von Frau Prof. E. MAHLER und der Herren PD Drs. P. BEARTH, E. WENK und H. ANNAHEIM.

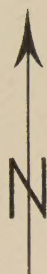
Basel, 30. April 1947.

Tafel III

Geologische Detailkarte des Grabserberges

Maßstab 1:4000

Geologische Aufnahme von M. FORRER 1945/46



Legende

- + Grenzkreuze im Fels
- o Grenzsteine
- Δ Triangulationspunkte
- ◁▷ Waldgrenze



- Abrissränder von Rutschungen
- Ausgeprägte Rutschwälle
- Schwache Rutschwälle
- zu Erhebungen aufgestaute Rutschwälle
- Schuttkegel
- Trockene Schuttkegel
- Rietboden
- Gefasste Quellen
- Brüche

Grabser Klippen

- Couches rouges (Turonien-Eocaen)

